



**MARTA SOFIA
FAUSTINO BRANCO**

OTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO



Universidade de Aveiro
2018

Departamento de economia, gestão, engenharia
industrial e turismo

**MARTA SOFIA
FAUSTINO BRANCO**

OTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Maria Pinto de Moura, Professora auxiliar do Departamento de economia, gestão, engenharia industrial e turismo da Universidade de Aveiro

À Marta. À Lúcia e ao Américo. À Neuza. À Bernardete e ao Manuel. À Alzira e ao António. À Leonor, que ainda não tem um ano, mas que faz todo o sentido que esteja aqui. Estas são as pessoas a quem devo agradecer todos os dias. Que continue sempre assim.

o júri

presidente

Prof. Doutora Leonor da Conceição Teixeira
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José Paulo Oliveira Santos
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Ana Maria Pinto de Moura
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

palavras-chave

Gestão de operações, teoria das restrições, estudo dos tempos, pontos de estrangulamento, otimização, tempos de processamento, *SAP MII* e *Visual Basic*.

resumo

Este projeto centra-se no tema da gestão de operações e baseia-se na sua aplicação no contexto industrial, num caso prático da indústria automóvel. Este caso prático foca-se na otimização de um sistema produtivo identificado como possível alvo de análise. Para a realização fundada desta análise, torna-se necessário perceber por que surgiu a gestão de operações e que soluções esta pode apresentar para melhorar o desempenho de uma empresa. Para melhor perceber a situação a melhorar, é necessário estudar o funcionamento geral do sistema produtivo e proceder à recolha de dados relevantes que suportem a solução do problema identificado – o elevado tempo produtivo de cada peça e a existência de um número considerável de defeitos. Os estudos dos tempos e do número de peças produzidas, conformes e não conformes, revelam-se desta forma essenciais para a otimização do sistema produtivo em estudo. Com base nestes estudos é possível calcular os pontos de estrangulamento existentes assim como identificar outros problemas deste sistema. Para além das soluções relacionadas com os pontos de estrangulamento, surgiram também outras propostas relacionadas com a ergonomia, a melhoria do processo, a criação de um software de suporte e o acompanhamento diário de projetos. Após a realização deste projeto, torna-se evidente que é sempre possível aplicar a melhoria contínua num sistema produtivo, tendo em consideração as diferentes variáveis que o afetam.

keywords

Operations management, theory of constraints, study of times, bottlenecks, optimization, processing time, *SAP MII* and *Visual Basic*.

abstract

This project focuses on the operations management subject and is based on its application in the industrial context, in a practical case of the automotive industry. This case study aims to optimize a manufacturing system identified as a possible target for analysis. For this analysis, it becomes necessary to understand the origin of the operations management subject and what solutions it may apply in the performance of a company. To better understand the situation to be improved, it is necessary to study the general functioning of the manufacturing system and to collect relevant data to support the solution of the problem identified - the high productive lead time of each part and the existence of a considerable number of defects. The studies of the times and the number of pieces produced, ok and not ok, are then essential for the optimization of the manufacturing system under study. Based on these studies it is possible to calculate the existing bottlenecks as well as to identify other problems of this system. In addition to the solutions related to the bottlenecks, there were also other proposals related to ergonomics, process improvement, the creation of a support software and the daily monitoring of projects. After the realization of this project, it is evident that it is always possible to apply the continuous improvement in a productive system, taking into account the different variables that affect it.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos e metodologias.....	1
1.2. Estruturação do documento.....	2
2. Pesquisa bibliográfica.....	5
2.1. O que é a gestão de operações.....	5
2.1.1. Teoria das restrições.....	8
2.2. Estudo de tempos.....	10
2.2.1. Medição de tempos.....	10
2.2.2. Tamanho da amostra.....	11
2.3. <i>SAP Manufacturing Integration and Intelligence</i>	12
2.4. <i>Visual Basic for Applications</i> no Excel.....	13
3. Análise do sistema produtivo e caracterização do problema.....	15
3.1. Apresentação da empresa.....	15
3.2. Sistema produtivo.....	16
3.3. Descrição do problema.....	17
3.4. Fluxo produtivo.....	17
3.4.1. Por tipo de produto.....	25
3.5. Recolha de dados.....	27
3.5.1. Estudo dos tempos.....	28
3.5.2. Estudo das peças conformes e não-conformes.....	33
3.6. Ponto de estrangulamento.....	35
3.6.1. Por tipo de produto.....	38
4. Resultados obtidos e ações propostas.....	41
4.1. Posto de trabalho 5.....	42
4.2. Posto de trabalho 8.....	44
4.3. Posto de trabalho 9.....	47
4.4. Acompanhamento diário de projetos.....	49
4.5. Programa Pestra.....	49

4.6.Mudar o operador da função de suporte.....	53
5. Conclusão.....	55
5.1.Desenvolvimento futuro.....	56

Anexos

Referências bibliográficas

Referências digitais

Índice de equações

Equação 1: Número de processamentos por dia.....	9
Equação 2: Tamanho da amostra.....	11
Equação 3: Fórmula adaptada para o cálculo do número de processamentos diários.....	35

Índice de figuras

Figura 1: <i>Layout</i> do sistema produtivo.....	19
Figura 2: Postos de trabalho 1, 2 e 8.....	20,23
Figura 3: Postos de trabalho 3 e 4.....	20
Figura 4: Posto de trabalho 5.....	21
Figura 5: Posto de trabalho 6 e 7.....	22
Figura 6: Posto de trabalho 9.....	23
Figura 7: Posto de trabalho 10.....	24
Figura 8: Fluxo produtivo dos quatro tipos de produtos individualmente.....	27
Figura 9: Situação atual do posto de trabalho 8.....	45
Figura 10: Situação proposta para o posto de trabalho 8.....	46
Figura 11: Exemplo de <i>Excel</i> tipo para o acompanhamento da evolução de projetos.....	49
Figura 12: <i>Template</i> de abertura do programa <i>Pestra</i>	50
Figura 13: Exemplo, com os dados obrigatórios preenchidos, no programa <i>Pestra</i>	51
Figura 14: Ponto de estrangulamento obtido do programa <i>Pestra</i>	52
Figura 15: Relatório com o cálculo do ponto de estrangulamento no programa <i>Pestra</i>	53
Figura 16: Fluxo produtivo das peças do tipo 1A.....	58
Figura 17: Fluxo produtivo das peças do tipo 2B.....	59
Figura 18: Fluxo produtivo das peças do tipo 3C.....	60
Figura 19: Fluxo produtivo das peças do tipo 4D.....	61

Índice de tabelas

Tabela 1: Tamanho das amostras calculado com a fórmula de Cochran...	12
Tabela 2: Características do sistema produtivo em estudo.....	17
Tabela 3: Resumo dos postos de trabalho do sistema produtivo.....	25
Tabela 4: Resumo dos fluxos produtivos por tipo de produto.....	26
Tabela 5: Tempo de processamento dos produtos do tipo 1A.....	29
Tabela 6: Tempo de processamento dos produtos do tipo 2B.....	30
Tabela 7: Tempo de processamento dos produtos do tipo 3C.....	31
Tabela 8: Tempo de processamento dos produtos do tipo 4D.....	32
Tabela 9: Dados recolhidos da produção (SAP MII).....	34
Tabela 10: Informação necessária ao cálculo do número de processamentos diários do sistema produtivo.....	37
Tabela 11: Informação necessária ao cálculo do número de processamentos diários dos produtos do tipo 1A.....	38
Tabela 12: Informação necessária ao cálculo do número de processamentos diários dos produtos do tipo 2B.....	39
Tabela 13: Informação necessária ao cálculo do número de processamentos diários dos produtos do tipo 3C.....	39
Tabela 14: Informação necessária ao cálculo do número de processamentos diários dos produtos do tipo 4D.....	40
Tabela 15: Ponto de estrangulamento do sistema produtivo em estudo.....	41
Tabela 16: Ponto de estrangulamento resultante do aumento do número de operadores do posto de trabalho 5, em produtos do tipo 2B.....	43

Tabela 17: Ponto de estrangulamento resultante do aumento do número de operadores do posto de trabalho 5, em produtos do tipo 3C.....43

Tabela 18: Ponto de estrangulamento resultante do aumento do número de operadores do posto de trabalho 9, em produtos do tipo 4D.....48

1. Introdução

Nos dias de hoje, é essencial perceber que uma empresa se deve focar em vários aspetos para ser bem-sucedida. É necessário investir nos vários recursos existentes e procurar novos, percebendo onde se encontram as oportunidades de melhoria. Entender que algo pode ser melhorado é o primeiro passo para que a melhoria aconteça, mas, esta identificação, por si só, não é suficiente. É necessário agir e, antes disso, perceber como fazê-lo.

É comum uma pessoa conseguir ser mais objetiva em relação a uma situação quando não faz parte dessa situação há muito tempo. Por essa razão, um olhar novo pode ser uma mais valia para a análise de uma situação já existente. É com estes contornos que surge este trabalho.

Este projeto visa a resolução de um problema real de uma organização industrial, no âmbito da gestão de operações. Consiste, assim, na familiarização com uma situação existente, na análise crítica do seu funcionamento e na proposta de ações de melhoria que possibilitam a transformação de uma oportunidade numa força.

A escolha da situação a analisar resultou da constatação de que havia um sistema produtivo, cujo desempenho carecia de uma otimização que permitisse a melhoria dos resultados do mesmo. Este sistema produtivo era conhecido como sendo crítico, devido ao seu tempo produtivo e às peças rejeitadas na produção, tendo, por isso, sido indicado como um potencial objeto de estudo, cuja análise poderia trazer consideráveis benefícios à organização.

1.1. Objetivos e metodologias

Os principais objetivos deste projeto centram-se na otimização de uma linha de produção industrial, através da análise da sua capacidade e do

espírito crítico e observador em relação ao funcionamento geral da produção, tendo como base a melhoria contínua.

A metodologia utilizada consiste na recolha de dados do sistema produtivo e na sua respetiva análise, com vista à determinação da restrição da produção. A recolha de dados foi realizada, durante 3 meses, por cronometragem, sendo esta a base da medição de tempos por sondagem. Foram também utilizados dados retirados do *software SAP MII*, que incluem as quantidades produzidas e rejeitadas por dia.

Estes dados permitem depois calcular o número de processamentos por dia de cada posto de trabalho, sendo, à partida, o posto de trabalho com o menor valor a restrição da linha de produção. Encontrada a restrição, há que procurar e determinar a possível causa (ou causas) e as ações de melhoria aplicáveis para a eliminar.

1.2. Estruturação do documento

O presente projeto é um caso prático de uma empresa do sector da indústria automóvel, que visa a melhoria de um sistema produtivo, através da identificação dos pontos de estrangulamento, procurando a sua eliminação de uma maneira sustentável.

É apresentada a pesquisa bibliográfica relevante para o que será estudado e aplicado na análise e resolução do problema (capítulo 2). Sendo o objetivo do trabalho otimizar o sistema produtivo, faz-se uma introdução à gestão de operações focada na sua evolução ao longo do tempo e direcionada para a teoria das restrições. Esta teoria é explicada devido à sua importância para o cálculo do ponto de estrangulamento do sistema produtivo. Para a determinação do ponto de estrangulamento, é oportuno estudar os tempos da produção e perceber qual a dimensão da amostra pretendida.

Como a empresa em estudo utiliza o *software SAP MII*, que armazena informação sobre a produção, uma introdução a este *software* revela-se importante. Como o cálculo dos pontos de estrangulamento é repetitivo para todos os postos de trabalho, procurar ferramentas de suporte (como o *Visual Basic* aplicado em Excel) que tornem o cálculo mais rápido poderá ser uma vantagem para a organização. Tanto o *software* como o *Visual Basic* são também abordados de forma teórica neste capítulo.

No capítulo seguinte (3), é feita uma apresentação da empresa em estudo (que inclui os seus tipos de processos e produtos), seguida da introdução ao sistema produtivo que se pretende analisar. É descrito o problema a solucionar e, posteriormente, é explicado detalhadamente o fluxo produtivo. Uma vez explicado o funcionamento do sistema produtivo, apresenta-se a recolha de dados, que é a base do cálculo do ponto de estrangulamento, também incluído no terceiro capítulo deste trabalho.

No capítulo 4, são agrupados os resultados obtidos, assim como são feitas propostas de ações de melhoria. Estas propostas surgem para cada ponto de estrangulamento determinado no capítulo anterior e visam melhorar o desempenho do sistema produtivo. São apresentadas também propostas de melhoria mais abrangentes, com o objetivo de serem utilizadas não só nos pontos de estrangulamento, mas nos vários postos de trabalho das diversas linhas de produção da empresa.

Por fim (no capítulo 5) é feita a conclusão ao trabalho, com uma análise às soluções encontradas e com propostas de desenvolvimento futuro.

2. Pesquisa bibliográfica

Para este trabalho, considerou-se oportuno introduzir vários conceitos que são utilizados ao longo do estudo prático. Assim sendo, começou-se por abordar a gestão de operações, que inclui a teoria das restrições, o estudo dos tempos (a medição e o tamanho da amostra), o *software* SAP *Mill* e o *Visual Basic*, utilizado como linguagem de programação no *Excel*. É por essa razão que, neste capítulo, estes serão os conceitos chave.

2.1. O que é a gestão de operações

A gestão de um negócio implica o bom desempenho financeiro (capital e equipamentos), no marketing (venda e distribuição) e nas operações. Cada uma destas vertentes tem vindo a ser trabalhada ao longo dos anos (Chase e Aquilano, 1992). A função operações, a mais relevante para este trabalho, é considerada uma vantagem competitiva e por isso deve ser integrada na estratégia da empresa (Roldão e Ribeiro, 2014; Krajewski et al., 2007; Chase et al., 2006). Para melhor entender a importância desta função, é relevante compreender os avanços que a mesma tem vindo a desenvolver.

A visão mais tradicional da gestão de produção, que serviu de base para a função operações, foi introduzida por Adam Smith, no século XVIII, quando este reconheceu a importância e os benefícios económicos da especialização do trabalho. Adam Smith sugeriu a decomposição do trabalho em subtarefas e a especialização dos operários nessas subtarefas, tornando-os altamente competentes e eficientes (Kumar e Suresh, 2009).

Foi Frederick Taylor quem desenvolveu o tema da gestão científica, com a implementação da teoria de Adam Smith (Kumar e Suresh, 2009). A gestão científica pressupõe que é possível determinar quanto é que um recurso humano consegue produzir num determinado espaço temporal.

Pressupõe também que chegar a essa conclusão é a função da gestão, sendo que a função do recurso humano é a de executar o que delimita a gestão. Embora esta ideia não tenha sido bem aceite por todos, o Japão contemporâneo mostrou-se recetivo e apoiante. Desta forma, facilmente se encontram traços do Taylorismo na gestão da produção do Japão (Chase e Aquilano, 1992).

Após o aparecimento do Taylorismo, diferentes pessoas colaboraram neste tema introduzindo, por exemplo, o Estudo dos Movimentos e a Psicologia Industrial (Frank e Lillian Gilbreth), assim como a Programação e os Planos de Pagamentos de Salários (Henry L. Gantt).

Em 1913, a propósito do fabrico dos automóveis Ford, surgiu o conceito de linha de montagem, uma grande inovação tecnológica que vigora até aos dias de hoje. Henry Ford foi o responsável pelo surgimento do conceito de produção em série aquando da produção do T-Model (Chase e Aquilano, 1992; Pinto, 2006).

Elton Mayo, nos anos 1930s, contribuiu de forma significativa para o aumento da produtividade dos sistemas de trabalho quando concluiu que a motivação, para além dos aspetos físicos e técnicos do trabalho, tem uma elevada importância nos resultados que uma empresa é capaz de atingir. Ainda hoje, quase um século depois, se aposta fortemente neste tópico.

Nos anos 1940s, Abraham Maslow começou a desenvolver as teorias motivacionais que, nos anos 1950s, foram refinadas por Frederick Herzberg. Passados mais dez anos, foram desenvolvidas, por Douglas McGregor, duas teorias que representavam diferentes perspetivas das pessoas no que diz respeito ao trabalho; a teoria X e a teoria Y. A primeira teoria partia do pressuposto que os trabalhadores não gostavam do trabalho e que os mesmos deviam ser controlados e recompensados ou punidos; a teoria Y defendia que as pessoas se podem tornar comprometidas com o trabalho,

encarando-o de forma positiva. Das duas, a que se revelou mais enriquecedora para os trabalhadores, quer em termos pessoais, quer em termos profissionais, foi a segunda teoria.

William Ouchi, nos anos 1970s, introduziu o conceito da teoria Z. Esta teoria inclui a preocupação com a partilha de conhecimento, a melhoria contínua, a inclusão de todos e o trabalho em equipa, entre outros. Estes aspetos, que os Japoneses começaram a valorizar fortemente na altura, levaram a uma elevada competitividade, inovação, produtividade, simplicidade e qualidade das empresas japonesas. Este país tornou-se alvo de grande curiosidade em todo o mundo, devido aos seus processos industriais e às filosofias aplicadas.

Foi nos anos 1980s que, substituindo as designações “gestão da produção” e “organização da produção”, surgiu a designação “gestão de operações”. Este conceito é, assim, relativamente recente, mas tem como base outros estudados há várias décadas. A grande diferença introduzida nos anos 1980s consistiu na introdução de preocupações relacionadas com a gestão dos serviços e a melhoria do desempenho (Pinto, 2006).

A gestão de operações, de forma resumida, baseia-se na gestão de recursos e atividades com vista a produção de bens e serviços, dentro dos prazos de entrega, com o mínimo custo possível. A ideia é gerar e gerir valor, transformando entradas (*inputs*) em saídas (*outputs*) de forma a deixar os clientes satisfeitos. A gestão de operações inclui a interação entre vários aspetos da produção, designadamente os 5 P's: recursos humanos (*people*), instalações (*plants*), materiais (*parts*), processos (*processes*) e sistemas de planeamento e controlo (*planning and control systems*). Devem ser estes os principais pontos de foco aquando da análise da produção de um determinado sistema produtivo (Chase e Aquilano, 1992; Pinto, 2006).

As empresas devem estar atentas ao mercado e às suas tendências, que estão em constante evolução. Desta forma, podem desenvolver esforços

que permitam que a estratégia da empresa esteja em sintonia com estas tendências. Atualmente, a competitividade, a globalização, a escassez de recursos, a qualidade, a redução de custos, a flexibilidade, a inovação tecnológica, as preocupações ambientais, com a higiene, saúde e segurança no trabalho são os principais desafios com os quais uma empresa se depara diariamente. Para além de desafios, são também oportunidades (Pinto, 2006).

Devido ao facto de a gestão de operações apresentar diversas oportunidades, torna-se desafiante e de valor acrescentado estudar este tema e tentar perceber como o mesmo tem influência no sucesso de uma organização. Por essa razão, neste trabalho, decidiu-se estudar quais podem ser as restrições existentes num sistema produtivo e como podem as mesmas ser diminuídas ou eliminadas.

2.1.1. Teoria das restrições

Eliyahu Goldratt desenvolveu a Teoria das Restrições, que visa a melhoria contínua de um sistema, considerando que qualquer sistema é constituído por uma restrição. Esta teoria tem como princípio base o desempenho de um sistema ser determinado e limitado pela restrição nele existente, podendo ser melhorado apenas quando a restrição for removida, resultando na elevação do sistema até a origem de uma nova restrição (Goldratt, E. M., e Cox, J., 2004).

Desta forma, a restrição pode ser vista como algo que limita significativamente o desempenho do sistema produtivo e como uma oportunidade de melhoria (Shamsur-Rahman, 1998). Eliyahu Goldratt estruturou uma forma de abordar a existência de restrições no sistema produtivo conhecida como o processo dos 5 passos:

Passo 1: Identificar a restrição do sistema produtivo

Passo 2: Decidir como explorar/melhorar a restrição do sistema

Passo 3: Garantir que o sistema se ajusta à decisão anterior

Passo 4: Utilização máxima das capacidades do sistema

Passo 5: Se, no degrau anterior, surgir uma nova restrição, voltar ao passo 1 (adaptado de Goldratt, E. M., e Cox, J., 2004)

Uma forma de identificar a restrição de um sistema produtivo é calcular o número de processamentos por dia de todos os postos de trabalho, tendo em consideração que o valor mais baixo reflete a restrição do sistema produtivo, isto é, o ponto de estrangulamento, também conhecido por gargalo.

O número de processamentos por dia, por posto de trabalho, é igual ao número de máquinas multiplicado pelo tempo de trabalho e pela percentagem de sucesso, tudo dividido pelo tempo de processamento, como está demonstrado na equação 1 (adaptado de Roldão, V. S. e Ribeiro, J. S., 2014):

$$\text{Número de processamentos por dia} = \frac{n^{\circ}\text{máquinas} \times n^{\circ}\text{horas trabalho} \times 60 \times 60 \times \% \text{sucesso}}{\text{tempo de processamento em segundos}}$$

Equação 1: Número de processamentos por dia

É de notar que como o tempo de processamento considerado tem como base a unidade de medida os segundos, é necessário multiplicar o número de horas de trabalho por 60 minutos e por 60 segundos. Desta forma, a equação encontra-se equilibrada.

Para se determinar a restrição de um sistema produtivo, é necessário saber-se o número de máquinas de cada posto de trabalho, assim como o número de horas de trabalho do turno em questão e o tempo de

processamento associado a cada posto de trabalho. Para tal, é necessário recolher os dados da produção e estudar os tempos a esta associados.

2.2. Estudo de tempos

O estudo de tempos, integrado na recolha de dados, é muito importante na fase inicial de cada projeto, visto que é necessário selecionar a informação necessária relevante para o estudo em questão. Posteriormente, é necessário recolher a informação de modo a que esta seja viável, para que assim se obtenham análises conclusivas nas quais se possa confiar.

Para se estudarem os tempos, os mesmos precisam de ser medidos. Deve ter-se em atenção que quanto maior o número de observações medidas, maior o nível de confiança associado a essa medição de tempo.

2.2.1. Medição de tempos

A medição de tempos por sondagem consiste na recolha aleatória de uma percentagem do que se pretende generalizar recorrendo à estatística. Utiliza-se este tipo de medição de tempo devido à dificuldade em recolher tempos totais durante toda a situação a analisar. Os principais desafios provêm dos custos associados e da possível inviabilidade do processo.

Aquando da recolha manual de dados, através da cronometragem, é necessário verificar se a produção está a decorrer de forma considerada normal e se os operadores observados têm a experiência necessária para realizarem as tarefas a um ritmo considerável. É aconselhável que se decomponham os elementos a analisar o mais possível para facilitar a sua cronometragem. Esta deve ser efetuada em vários momentos ao longo do

dia, para assim estar incluída a variação de atividade dos operadores ao longo do dia de trabalho, sendo que se deve evitar a primeira hora de trabalho assim como a primeira hora depois da refeição. Durante estes períodos, considera-se que o ritmo de trabalho possa ser afetado.

É de notar que o grau de confiança das conclusões resultantes da recolha de dados depende intrinsecamente do número de observações registadas, pelo que é expectável que o grau de confiança aumente com o número de observações, resultando na diminuição da margem de erro (Roldão, V. S. e Ribeiro, J. S., 2014).

2.2.2. Tamanho da amostra

Cochran desenvolveu uma fórmula para a determinação do tamanho que uma amostra (para proporções), para populações de grandes dimensões, deve ter de forma a garantir um determinado grau de confiança e a margem de erro associada. A equação 2 indica a fórmula de Cochran, onde “n” representa o tamanho da amostra, “ Z_{α}^2 ” representa a abcissa da curva normal relacionada com a área α , “p” representa a proporção estimada de determinado atributo inserido na população em estudo, “q” é a proporção complementar de p (isto é, igual a “1-p”) e “e” representa a margem de erro esperada (Cochran, W. G., 1963).

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 pq}{e^2}$$

Equação 2: Tamanho da amostra

Na tabela 1, encontram-se os valores dos tamanhos das amostras determinados com a fórmula de Cochran, tendo em conta os níveis de confiança pretendidos. Não se tinham valores indicativos previamente

retirados ou medidos do sistema produtivo, pelo que se considerou que o valor de “p” é igual a “0,5”, em todos os casos, não introduzindo assim nenhuma tendência no resultado.

Nível de confiança	z_{α}^2	p	e^2	Tamanho da amostra
80%	1,28 ²	0,5	20%	10
85%	1,44 ²	0,5	15%	23
86%	1,475 ²	0,5	14%	28
88%	1,555 ²	0,5	12%	42
89%	1,595 ²	0,5	11%	53
90%	1,65 ²	0,5	10%	68
95%	1,96 ²	0,5	5%	384

Tabela 1: Tamanho das amostras calculado com a fórmula de Cochran

Assim, comprova-se que o grau de confiança aumenta com o aumento do tamanho da amostra.

2.3. SAP Manufacturing Integration and Intelligence

Nas organizações, é cada vez mais comum utilizar-se o software SAP (Systems, Applications and Products). O software SAP Manufacturing Integration and Intelligence (SAP MII) é o elo entre o Homem, os materiais, os métodos e as máquinas, que poderá tornar-se numa grande vantagem competitiva. Permite a integração, em tempo real, da inteligência e visibilidade da produção nos processos e operações comerciais. As principais vantagens da utilização do SAP MII são o aumento da produtividade dos colaboradores, através da partilha de informação, o aumento do valor comercial, através da sincronização entre a produção e logística, e o proveito de novas ideias a partir da análise da informação obtida (“Manufacturing Operations Management Software”).

No contexto deste projeto, a relevância deste *software* centra-se na possibilidade de recolher informações diretamente da produção, como por exemplo a quantidade diária de peças produzidas por cada projeto, a quantidade diária de peças rejeitadas por cada projeto, assim como a causa dos defeitos. Toda esta informação inclui ainda a hora e o autor do registo, podendo-se assim congratular ou responsabilizar o turno em questão.

2.4. *Visual Basic for Applications no Excel*

Outro *software* frequentemente utilizado no contexto empresarial é o *Microsoft Excel. Visual Basic for Applications*, normalmente conhecido por VBA, é uma linguagem que pode ser utilizada no *Excel*, tanto como noutros programas do *Microsoft Office* e até outros. A ideia é automatizar processos repetitivos através da programação e, desta forma, poupar trabalho e tempo. Esta é uma linguagem orientada para objetos, conhecida por ser intuitiva e relativamente fácil de aprender, principalmente para quem se sente à vontade com a utilização do programa *Excel* (Birnbbaum, D., 2005).

Apesar de o programa originalmente já contar com uma ampla gama de funções, esta linguagem permite complementar as funções mais complexas ou específicas para designada situação. Para além das vantagens anteriormente apresentadas, o VBA está incluído, de forma gratuita, no *Excel*, não significando custos extra para o utilizador (Kiong, L. V., 2009), o que o torna apelativo e vantajoso em comparação com outros *softwares* concorrentes.

3. Análise do sistema produtivo e caracterização do problema

Utilizando o conhecimento obtido através da pesquisa bibliográfica, partiu-se para a análise prática de um problema real, ao qual se teve acesso devido à realização de um estágio profissional numa empresa com várias linhas de produção. Desta forma, torna-se oportuno apresentar brevemente a empresa em si (negócio, produção, processos e produtos) e o sistema produtivo da linha de produção em estudo, o que nos leva à identificação e descrição do problema a otimizar. Sendo o problema conhecido, de seguida, procedeu-se à recolha de dados e à identificação do ponto de estrangulamento.

3.1. Apresentação da empresa

A empresa está inserida na indústria automóvel, foi fundada no final do século XX e possui três grupos de negócios, pertencendo a fábrica em questão ao grupo de negócios assentos. É relevante saber que este representa cerca de 5 biliões de euros em vendas de produtos, estando presente em mais de 20 países, com mais de 10 centros de investigação e desenvolvimento e com cerca de 80 fábricas de produção. A responsabilidade, a autonomia, a iniciativa, o desenvolvimento e inovação são a base da cultura desta empresa.

Esta empresa é constituída por várias linhas produtivas com objetivos de produção diferentes, que convergem na obtenção do produto final – o assento automóvel. Há linhas de produção de costura, de montagem de mecanismos e de injeção. Os produtos provenientes das linhas de produção de costura e das de montagem de mecanismos são *inputs* da linha de produção de injeção, que tem como *output* o produto final. Este estudo prático tem foco numa das linhas de produção de injeção da fábrica.

3.2. Sistema produtivo

O sistema produtivo em estudo refere-se ao processo de injeção de produtos semiacabados, transformando-os em produtos acabados, prontos a enviar para o cliente. A produção é realizada em linha, isto é, cada posto é antecedente e procedente dos postos posteriores e dos postos anteriores, respetivamente.

O sistema produtivo que será analisado é constituído por dezasseis operadores, por quatro máquinas e por dois tapetes rolantes, distribuídos em dez postos de trabalho. O trabalho é dividido em três turnos não rotativos, sendo o primeiro o foco deste estudo. Este turno tem início às 6h, intervalo das 9:10 às 9:20, tempo de almoço das 11:50 às 12:20 e termina às 14:30, perfazendo 7 horas e 50 minutos de trabalho efetivo.

Neste sistema produtivo, estão inseridos quinze projetos, que, devido a semelhanças na forma e no tempo produtivo, se dividem em quatro tipos de produtos: 1A, 2B, 3C e 4D. Todo o sistema produtivo está distribuído em cerca de 70 metros quadrados.

Na tabela 2, encontram-se algumas características do sistema produtivo descrito acima.

16 operadores	10 postos de trabalho	4 máquinas	2 tapetes rolantes
			
15 projetos	7,83 horas trabalho/dia	4 tipos de produtos	70 metros quadrados
			

Tabela 2: Características do sistema produtivo em estudo

3.3. Descrição do problema

O sistema produtivo em estudo era conhecido pelo elevado tempo produtivo de cada peça e pela existência de um número considerável de defeitos. Desta forma, considerou-se importante realizar-se um estudo geral da produção deste sistema para assim potenciar melhorias nas áreas mais abrangentes possíveis. A ideia é otimizar o sistema de produção promovendo a prática da melhoria contínua, tendo em conta o objetivo de melhor monitorizar e controlar o sistema em questão.

3.4. Fluxo produtivo

A figura 1 representa o *layout* do sistema produtivo de injeção em estudo, onde é apresentado o fluxo produtivo. Este começa com a montagem de componentes em máquinas (postos de trabalho 1 e 2, à

direita na figura 1), que posteriormente serão adicionados manualmente a outros componentes abastecidos pela logística e colocados no tapete rolante 1 (postos de trabalho 3 e 4). Formam-se assim os produtos semiacabados, que serão transportados para a máquina de injeção, para serem transformados em produtos (posto de trabalho 5). Seguem-se os postos de trabalho de acabamento, onde se efetuam acabamentos nas peças transportadas pelo tapete rolante 2 (postos de trabalho 6 e 7), o posto de trabalho da máquina de acabamento, que adiciona um componente nas peças do tipo 1A (posto de trabalho 8), e o posto de trabalho de controlo final e embalagem, onde são controladas e embaladas todas as peças (posto de trabalho 9). Há um operador que tem uma função de suporte, com o objetivo de diminuir a influência negativa de acontecimentos imprevisíveis no resultado produtivo deste sistema (posto de trabalho 10).

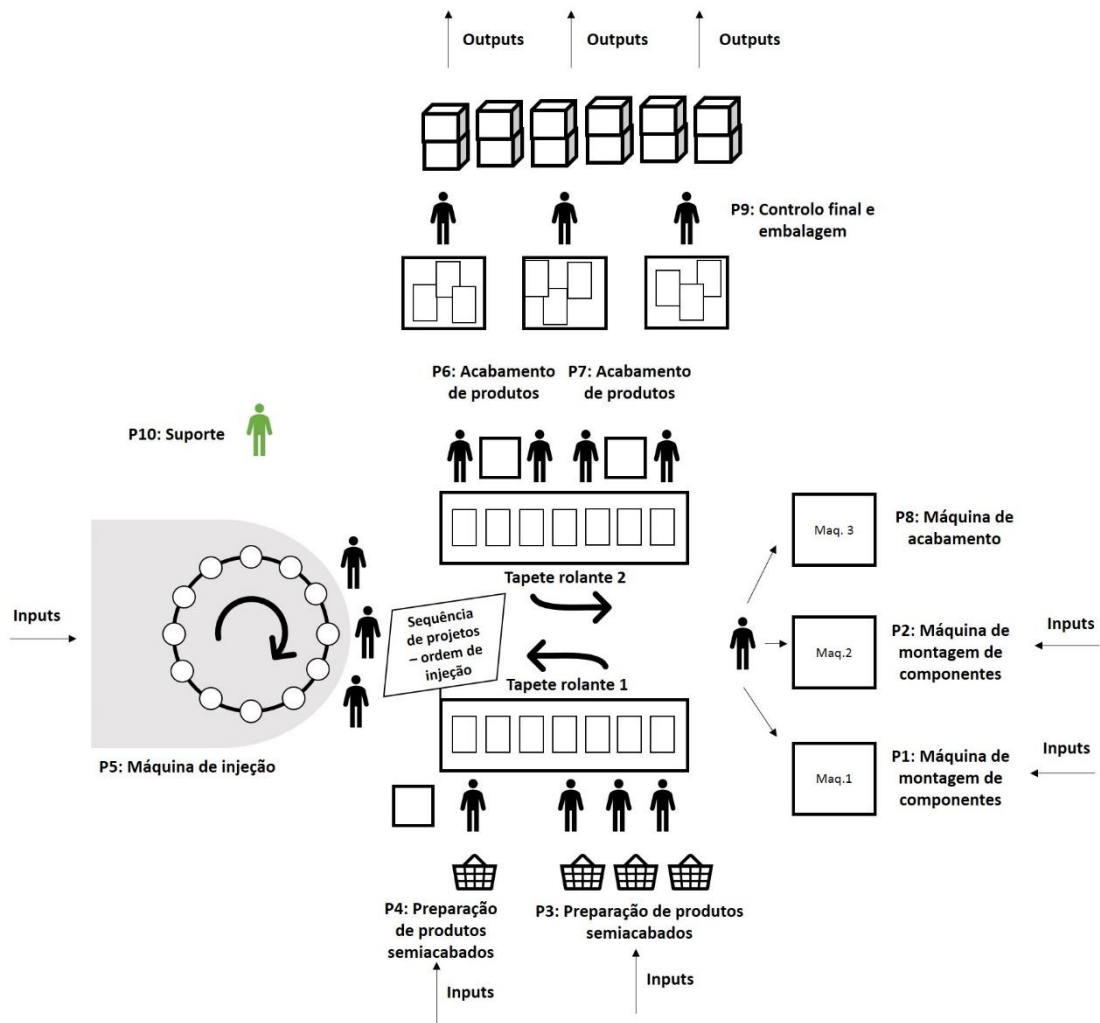


Figura 1: Layout do sistema produtivo

Para uma melhor compreensão do fluxo produtivo apresentado anteriormente de forma sintética, será analisado cada posto de trabalho individualmente. Nos próximos parágrafos, salienta-se a principal função, o número de operadores e o número de máquinas que constituem cada posto de trabalho. Entender melhor o funcionamento da linha de produção é essencial para o levantamento de dados sobre a mesma e a sua posterior análise crítica.

O posto de trabalho 1 (P1), representado na figura 2, tem como principal objetivo a montagem de componentes e é constituído pela máquina 1 (Maq. 1) e por um operador, que divide o seu tempo por três máquinas. Assim, devido ao facto de um operador dividir o tempo por três máquinas, considera-se que este posto de

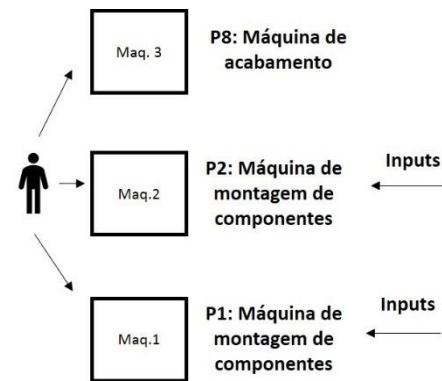


Figura 2: Postos de trabalho 1, 2 e 8

trabalho é constituído por 1/3 de operador. O operador coloca os componentes, aprovionados pela logística, na máquina 1, que por sua vez faz a montagem automaticamente. No final, o operador retira o produto semiacabado e coloca-o à disposição do posto de trabalho seguinte, ou seja, o posto de trabalho 3.

O posto de trabalho 2 (P2), também representado na figura 2, é muito semelhante ao P1: é constituído pela máquina 2 (Maq. 2) e por um operador que divide o seu tempo por três máquinas. Comparativamente ao P1, são as máquinas as principais diferenças, sendo que a máquina 1 apresenta um tempo produtivo superior à máquina 2.

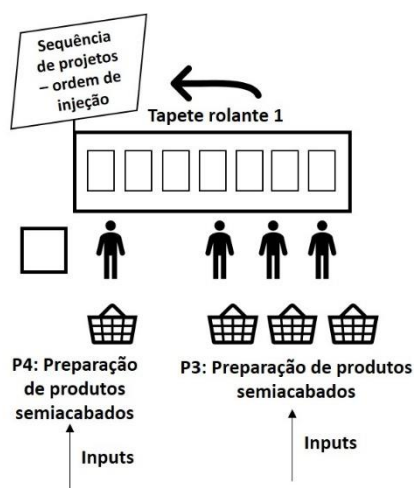


Figura 3: Postos de trabalho 3 e 4

O posto de trabalho 3 (P3), representado na figura 3, tem como principal função a montagem manual de produtos semiacabados e é constituído por três operadores e pelo tapete rolante 1. Neste posto de trabalho, existe também um *placard*, onde é demonstrada a sequência dos projetos a realizar, imposta pela ordem de injeção dos moldes do posto de trabalho seguinte, isto é, o posto de trabalho 5. Assim,

os operadores sabem sempre qual é a ordem dos projetos a colocar no tapete rolante. As tarefas do P3 decorrem em linha, isto é, cada peça passa

pelos três operadores consecutivamente e só depois é colocada no tapete rolante. O abastecimento deste posto de trabalho é garantido pela logística, que é responsável por aprovisionar determinados componentes, e por postos de trabalho precedentes. O tapete rolante 1 funciona automaticamente, com a ajuda de um sensor na extremidade esquerda do tapete rolante, que faz com que o tapete se movimente até que haja um produto semiacabado na extremidade oposta; caso contrário, o tapete fica parado.

O posto de trabalho 4 (P4), também representado na figura 3, é muito semelhante ao P3, variando principalmente no facto de contar apenas com um operador e de receber somente produtos semiacabados provenientes da logística, que é responsável por garantir que as necessidades deste posto de trabalho sejam satisfeitas nas quantidades certas, sempre que necessário. Este posto de trabalho não coloca os produtos semiacabados no tapete rolante 1; contrariamente ao posto de trabalho 3, mas sim, na mesa que se encontra junto ao operador, na extremidade do tapete rolante.

O posto de trabalho 5 (P5), representado na figura 4, tem como principal função transformar produtos semiacabados e é constituído por uma máquina de injeção e por três operadores. A máquina de injeção é composta por 12 porta-moldes que podem ser utilizados em simultâneo.

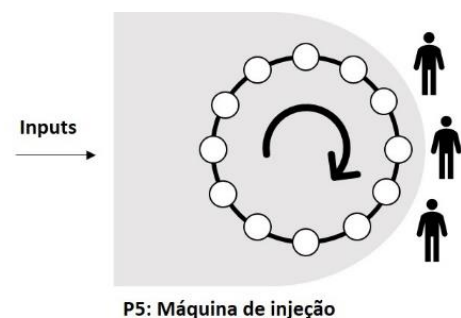
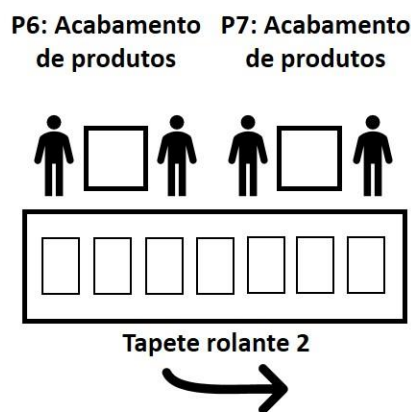


Figura 4: Posto de trabalho 5

Normalmente, demora-se cerca de 2 minutos para trocar um molde e são necessários dois operadores. Para evitar que a produção fique parada devido à troca de moldes, é comum aproveitar o tempo depois do lanche e do almoço para fazer a troca dos mesmos. Só em casos de extrema necessidade é que se trocam moldes parando a produção.

Os três operadores dividem o trabalho deste posto da seguinte forma: dois operadores são responsáveis por retirar os produtos semiacabados do tapete rolante 1 e colocá-los nos moldes e um operador é responsável por retirar os produtos dos moldes e colocá-los no tapete rolante 2. Quando o produto do tipo 4D está em linha, há uma reorganização no trabalho, visto que o tempo utilizado no 4D é superior ao utilizado nos restantes tipos de produtos. Assim, um operador fica responsável por retirar os produtos semiacabados do tapete rolante 1 e colocá-los nos moldes, outro operador fica responsável por retirar os produtos dos moldes e colocá-los no tapete rolante 2 e o terceiro, fica responsável por transportar o produto semiacabado 4D da mesa até ao molde, assim como retirar o produto resultante e colocá-lo no tapete rolante 2.

O posto de trabalho 6 (P6), representado na figura 5, tem como principal



função o acabamento das peças que saem da injeção. O tempo dedicado a cada peça varia consoante o trabalho a efetuar. Este posto de trabalho é constituído por dois operadores, que retiram as peças do tapete rolante 2 e fazem o respetivo acabamento. Neste posto de trabalho, a produção não é em linha, cada operador faz o acabamento de cada peça.

O posto de trabalho 7 (P7), também representado na figura 5, funciona de maneira muito semelhante ao posto de trabalho anterior, tendo como principal função o acabamento das peças que saem da injeção. É constituído por dois operadores e pelo tapete rolante 2, que funciona automaticamente com a ajuda de um sensor na extremidade direita do tapete. Desta forma, sempre que o operador retira a peça mais à direita do tapete, este movimenta-se até encontrar uma nova peça na mesma

extremidade. Tal como no posto de trabalho anterior, cada peça é trabalhada apenas por um operador.

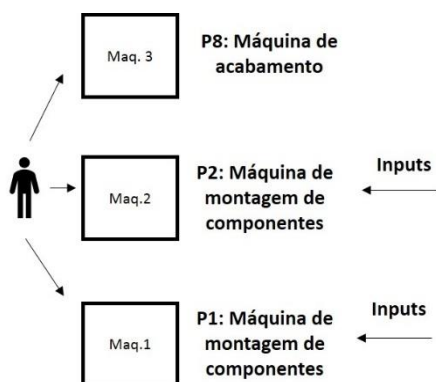


Figura 2: Postos de trabalho 1, 2 e 8

O posto de trabalho 8 (P8), também representado na figura 2, tem como principal função a montagem final de componentes. Este posto de trabalho é constituído por uma máquina e por um operador que divide o seu trabalho por três máquinas (três postos de trabalho), sendo que se considera que este posto é constituído por 1/3 de operador.

O posto de trabalho 9 (P9), representado na figura 6, tem como principal função o controlo final das peças e a embalagem das mesmas. Este posto de trabalho é constituído por três operadores, que decidem se as peças estão conformes para enviar para o cliente (situação 1),

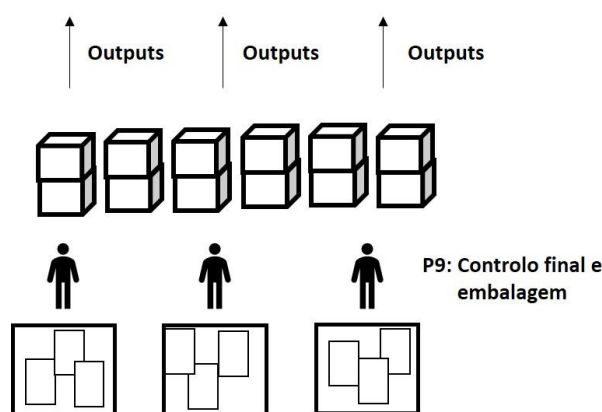


Figura 6: Posto de trabalho 9

se necessitam de retrabalho (situação 2) ou se estão não-conformes (NOK – situação 3). Na primeira situação, o operador prossegue para a embalagem, tendo em conta a gama de embalagem associada a cada produto, isto é, tendo em conta o número de peças que se envia de cada produto em cada caixa. Na situação 2, o operador pode realizar ele próprio o retrabalho, se considerar que não demora muito tempo, ou enviar a peça para postos de trabalho antecedentes, onde a peça será retrabalhada e enviada novamente para o posto de trabalho 9. No caso da situação 3, a peça é rejeitada e não é enviada para o cliente. Há um registo informático

com a causa dessa rejeição, que posteriormente será analisado potenciando ações de melhoria futuras.

P10: Suporte



Figura 7: Posto de trabalho 10

O posto de trabalho 10 (P10), representado na figura 7, tem como principal função diminuir o impacto da imprevisibilidade diária da produção. Este posto de trabalho é constituído por um operador, que é o mais polivalente, capaz de realizar o trabalho de todos os postos. Desta forma, caso algum operador falte, o operador deste posto de trabalho substitui esse lugar, diminuindo o impacto dessa falta. No caso de nenhum operador faltar, a sua função é dar suporte, garantindo que a produção flui eficientemente. Este operador tem uma grande influência nos restantes operadores. Neste posto de trabalho são requeridas as capacidades de liderança, organização, gestão de emoções, motivação, responsabilidade e de bem representar a linha e o processo em questão.

A tabela 3 resume a informação sobre os postos de trabalho deste sistema produtivo, tendo em conta o número de operadores e o número de máquinas:

Posto de trabalho	Descrição	Nº de operadores	Nº de máquinas
1	Máquina de montagem de componentes	1/3	1
2	Máquina de montagem de componentes	1/3	1
3	Preparação de produtos semiacabados	3	0
4	Preparação de produtos semiacabados	1	0
5	Máquina de injeção	3	1
6	Acabamento de produtos	2	0
7	Acabamento de produtos	2	0
8	Máquina de acabamento	1/3	1
9	Controlo final e embalagem	3	0
10	Suporte	1	0
Total	-	16	4

Tabela 3: Resumo dos postos de trabalho do sistema produtivo

3.4.1. Por tipo de produto

O sistema produtivo analisado anteriormente é constituído por dez postos de trabalho que dedicam o seu tempo a quatro tipos de produtos. No entanto, os fluxos produtivos não são iguais em todos os tipos de produtos. Apesar de a sequência ser aplicada em todos, nenhum dos produtos passa por todos os postos de trabalho.

A tabela 4 resume a informação dos diferentes fluxos produtivos de cada tipo de produto, relativamente ao número de postos de trabalho, ao número de operações e ao número de máquinas utilizados se fossem produzidas apenas peças dos tipos 1A, 2B, 3C ou 4D, exclusivamente.

Tipo de produto	Nº de postos de trabalho	Nº operadores	Nº Máquinas
1A	7	13	3
2B	6	13	2
3C	5	10	1
4D	5	10	1

Tabela 4: Resumo dos fluxos produtivos por tipo de produto

Tendo em conta uma produção exclusiva dos tipos de produtos, os tipos 3C e 4D são os que precisam de menos operadores e de menos máquinas para produzir as respetivas peças enquanto que os tipos 1A e 2B são os que precisam de mais operadores e de mais máquinas.

É de notar que, na determinação do número total de operadores dos produtos do tipo 1A, foi considerado que os postos de trabalho 1 e 8 são constituídos por 1/2 de operadores cada, em vez de 1/3 (como está referido na tabela 3). Como está representado na figura 2, há um operador que divide o seu tempo por três postos de trabalho (P1, P2 e P8) quando estão todos os tipos de peças em produção. No caso de estarem a ser produzidas apenas peças do tipo 1A, é como se o posto de trabalho 2 não existisse. Por isso, o operador que dividia o seu tempo por três postos de trabalho passa assim a dividir o seu tempo por dois postos de trabalho. Desta forma, considera-se que os postos de trabalho 1 e 8 são constituídos por 1/2 de operador cada.

Aplicando o mesmo raciocínio à determinação do número total de operadores dos produtos do tipo 2B, foi considerado que o posto de trabalho 2 é constituído por 1 operador. Tendo em conta apenas a produção das peças do tipo 2B, é como se os postos de trabalho 1 e 8 não existissem. Assim, o operador que dividia o seu tempo por três postos de trabalho, passa agora a trabalhar apenas no posto de trabalho 2.

Na figura 8, estão representados quatro fluxos produtivos, um para cada tipo de produto individualmente. A preto estão assinalados os postos de trabalho utilizados e a cinzento estão assinalados os que não são utilizados na produção de cada tipo de produto. Desta forma, é possível obter uma visão geral do percurso de cada peça no sistema de produção em estudo.

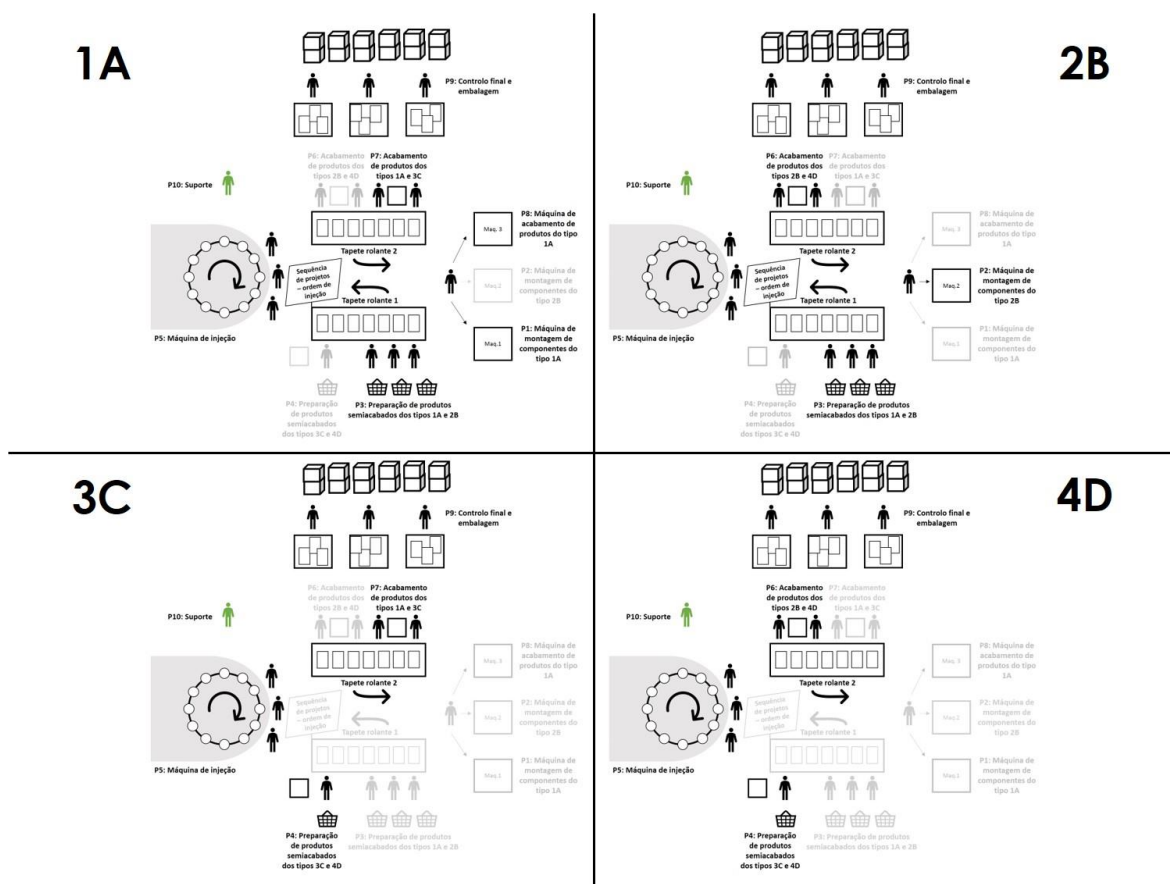


Figura 8: Fluxos produtivos dos quatro tipos de produtos individualmente

Para analisar cada fluxo produtivo mais detalhadamente, ver anexos.

3.5. Recolha de dados

Após ter sido apresentado o problema no sistema produtivo e depois deste sistema ter sido observado, tornou-se evidente a necessidade de

quantificar alguns aspetos com este relacionados. Como os principais problemas detetados estavam associados aos tempos produtivos e às quantidades de peças rejeitadas, procedeu-se ao estudo dos tempos e à recolha de informação relativa ao número de peças conformes e não-conformes. A recolha de dados divide-se então nestas duas vertentes e tem como objetivo permitir identificar os pontos críticos da linha de produção.

Relativamente ao estudo de tempos, a recolha foi realizada manualmente, com um cronómetro, sempre com o mesmo procedimento, durante cerca de três meses. Os dados da produção, das peças conformes assim como das peças rejeitadas, foram obtidos através de relatórios retirados do software *SAP MII (Manufacturing, Integration and Intelligence)*, também durante cerca de três meses.

3.5.1. Estudo dos tempos

Como cada tipo de produto requer tarefas diferentes entre si, resultando em tempos produtivos diferentes, a recolha de tempos foi realizada por tipo de produto. Desta forma, a recolha de dados torna-se mais viável, evitando a perda de informação devido à generalização.

Nas tabelas 5, 6, 7 e 8 encontram-se os dados dos tempos recolhidos relativamente à produção de peças dos tipos 1A, 2B, 3C e 4D, respetivamente. Como há postos de trabalho constituídos por operadores e por máquinas, o tempo de processamento associado resulta da soma do tempo médio de operador, por peça, com o tempo médio de máquina, por peça, em segundos. Estas tabelas apresentam também os tamanhos das amostras, assim como os histogramas associados a cada recolha de tempos.

Estabeleceu-se um tamanho mínimo para as amostras de 50 observações para todos os postos de trabalho em todos os tipos de produto.

Isto para garantir um grau de confiança mínimo de 88%. Para além disso, recolher os tempos manualmente revelou-se exequível, embora demorado, tendo como base o objetivo de recolher 50 observações ou mais em cada posto de trabalho. Para se determinar o grau de confiança utilizou-se a tabela 1 que tem por base a equação 2.

É de notar que, no posto de trabalho 9, o tempo está dividido em dois, uma vez que foi visualmente perceptível que há duas tarefas principais com tempos distintos, o controlo final e a embalagem, embora sejam realizados pelo mesmo operador. O primeiro tempo refere-se ao controlo final enquanto que o segundo se refere à embalagem das peças. Esta lógica aplica-se em todos os tipos de produtos estudados.









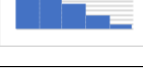

Posto de trabalho	Tempo médio de operador/ peça (s)			Tempo médio de máquina/ peça (s)			Tempo processamento (s)
	Tempo	Tamanho amostra	Histograma	Tempo	Tamanho amostra	Histograma	
1	19,15	50		9,73	50		28,88
3	46,01	51		Não aplicável			46,01
5	21,53	51		78,47	51		100
7	30,47	60		Não aplicável			30,47
8	20,72	50		22,38	50		43,1
9	29,56	50		Não aplicável			66,65
	37,09	51					
10	Não aplicável			Não aplicável			0
Total	204,53			110,58			≈315

Tabela 5: Tempo de processamento dos produtos do tipo 1A

O tempo médio total de processamento de cada peça do tipo 1A é aproximadamente 315 segundos, sendo o posto de trabalho 5 o que demora mais tempo a realizar as suas tarefas (100 segundos) e sendo o posto de trabalho 1 o que demora menos tempo a realizar as suas tarefas (28,88 segundos).

O tamanho das amostras para as peças do tipo 1A varia entre as 50 e as 60 observações, pelo que se pode concluir que estes dados têm um grau de confiança entre 88% (a partir de 42 observações) e 89% (a partir de 53 observações). A maioria dos histogramas apresenta uma distribuição normal simétrica, com a exceção dos postos de trabalho 5 e 7, que apresentam uma distribuição normal assimétrica à direita.






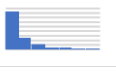
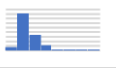

Posto de trabalho	Tempo médio de operador/ peça (s)			Tempo médio de máquina/ peça (s)			Tempo processamento (s)
	Tempo	Tamanho amostra	Histograma	Tempo	Tamanho amostra	Histograma	
2	7,75	50		2,77	50		10,52
3	30,90	50		Não aplicável			30,90
5	23,97	50		77,41	50		101,38
6	21,69	66		Não aplicável			21,69
9	17,51	71		Não aplicável			49,67
	32,16	51					
10	Não aplicável			Não aplicável			0
Total	133,98			80,18			≈214

Tabela 6: Tempo de processamento dos produtos do tipo 2B

O tempo total médio de processamento de cada peça do tipo 2B é aproximadamente 214 segundos, sendo o posto de trabalho 5 o que

demora mais tempo a realizar as suas tarefas (101,38 segundos) e sendo o posto de trabalho 2 o posto mais rápido a realizar as suas tarefas (10,52 segundos).

Para as peças do tipo 2B, o número de observações varia entre 50 e 71, pelo que se pode concluir que estes dados um nível de confiança entre 88% e 90% (a partir de 68 observações). A maioria dos histogramas apresentam uma distribuição normal simétrica, com a exceção do posto de trabalho 6, que apresenta uma distribuição normal assimétrica à direita.







Posto de trabalho	Tempo médio de operador/ peça (s)			Tempo médio de máquina/ peça (s)			Tempo processamento (s)
	Tempo	Tamanho amostra	Histograma	Tempo	Tamanho amostra	Histograma	
4	13,34	75		Não aplicável			13,34
5	14,46	50		79,65	50		94,11
7	8,44	50		Não aplicável			8,44
9	11,82	89		Não aplicável			43,47
	31,65	51					
10	Não aplicável			Não aplicável			0
Total	79,71			79,65			≈ 159

Tabela 7: Tempo de processamento dos produtos do tipo 3C

O tempo total médio de processamento de cada peça do tipo 3C é aproximadamente 159 segundos, sendo o posto de trabalho 5 o que demora mais tempo a realizar as suas tarefas (94,11 segundos) e sendo o posto de trabalho 7 o posto mais rápido a realizar as suas tarefas (8,44 segundos).

No caso das peças do tipo 3C, foram cronometrados entre 50 e 89 tempos, pelo que se pode concluir que estes dados apresentam um nível de confiança entre 88% e 90%. Todos os histogramas apresentam uma distribuição normal simétrica.







Posto de trabalho	Tempo médio de operador/ peça (s)			Tempo médio de máquina/ peça (s)			Tempo processamento (s)
	Tempo	Tamanho amostra	Histograma	Tempo	Tamanho amostra	Histograma	
4	73,61	50		Não aplicável			73,61
5	75,17	50		57,75	50		132,92
6	154,14	50		Não aplicável			154,14
9	98,89	50		Não aplicável			239,8
	140,91	50					
10	Não aplicável			Não aplicável			0
Total	542,72			57,75			≈ 600

Tabela 8: Tempo de processamento dos produtos do tipo 4D

O tempo total médio de processamento de cada peça do tipo 4D é aproximadamente 600 segundos, sendo o posto de trabalho 9 o que demora mais tempo a realizar as suas tarefas (239,8 segundos) e sendo o posto de trabalho 4 o posto mais rápido a realizar as suas tarefas (73,61 segundos).

O tamanho das amostras para as peças do tipo 3C é de 50 observações, pelo que se pode concluir que estes dados têm um nível de confiança superior a 88%. Todos os histogramas apresentam uma distribuição normal simétrica.

3.5.2. Estudo das peças conformes e não-conformes

Durante a produção, o operador do posto de trabalho de suporte é responsável por inserir os dados diários da produção no *software* SAP MII. Estes dados incluem o número de peças produzidas por turno e projeto, assim como o número de peças rejeitadas. Para além destes, também ficam registados os tipos de defeitos associados a cada rejeição. Assim sendo, os dados provenientes da produção foram obtidos através deste *software* e encontram-se resumidos na tabela 9.

Para se determinar a média do número de peças produzidas por dia, assim como número de peças rejeitadas por dia, foi necessário calcular as médias dos valores obtidos através do SAP MII, dado que os valores eram diários – coluna “Média (tamanho amostra=29)”.

Com o objetivo de obter a média do número de peças produzidas por tipo de produto, foi necessário identificar os tipos de produto nos dados recolhidos da produção, para depois calcular a média de cada um – coluna “Média por tipo de produto (tamanho amostra=29)”.

A percentagem de peças produzidas por dia por tipo de produto foi obtida utilizando-se os valores médios de peças produzidas por tipo de produto e os valores da média de todas as peças produzidas por dia – coluna “% peças produzidas/dia”.

Para se determinar a percentagem de peças rejeitadas por tipo de produto, utilizaram-se as médias das peças produzidas por dia por tipo de produto e o número médio das peças rejeitadas por dia por tipo de produto – coluna “% peças rejeitadas”. A percentagem de peças conformes por tipo de produto é complementar da percentagem referida anteriormente.

É de notar que o tamanho da amostra dos dados recolhidos é igual a 29 medições, o que garante um nível de confiança de cerca de 86% (nível este conseguido a partir das 28 medições).

	Média (tamanho amostra=29)	Tipos de produtos	Média por tipo de produto (tamanho amostra=29)	% peças produzidas/dia	% peças rejeitadas	% peças ok
Nº de peças produzidas/dia	2029	1A	539	26,56	0,74	99,26
		2B	867	42,73	1,96	98,04
		3C	562	27,70	1,96	98,04
		4D	61	3,01	9,84	90,16
Nº de peças rejeitadas/dia	38	1A	4			
		2B	17			
		3C	11			
		4D	6			
Nº de peças ok	1991	1A	535			
		2B	850			
		3C	551			
		4D	55			
Eficiência/dia	98,13%					

Tabela 9: Dados recolhidos da produção (SAP MII)

Através da tabela 9, pode concluir-se que, em média, são produzidas por dia cerca de 2029 peças, das quais 1991 peças estão conformes e 38 peças são rejeitadas, por diversos motivos possíveis, resultando numa eficiência média, por dia, de 98,13%.

A maioria das peças produzidas por dia são do tipo 2B (42,73%), seguidas das peças do tipo 3C (27,70%) e das peças do tipo 1A (26,56%). As peças do tipo 4D são produzidas diariamente em menor quantidade (3,01%), visto que se trata de um projeto novo. Consequentemente, são as peças do tipo 4D que apresentam a maior percentagem de rejeição (9,84%) ou menor percentagem de sucesso (90,16%), pelo que se impõe a necessidade de melhoria no processo.

As peças do tipo 1A são as que apresentam maior percentagem de sucesso (99,26%) ou menor percentagem de rejeição (0,74%), valores considerados bons para empresa, logo sem necessidade de melhorias.

As peças dos tipos 2B e 3C apresentam uma percentagem de sucesso de 98,04% e uma percentagem de rejeição de 1,96% pelo que poderá ser uma boa prática despender algum tempo e alguns recursos para melhorar os seus desempenhos respetivamente.

3.6. Ponto de estrangulamento

Como o ponto de estrangulamento é o posto de trabalho com o menor número de processamentos diários, é necessário calcular os respetivos números de processamentos para depois se analisar quais os pontos mais críticos a ter em conta.

Considera-se que tanto os operadores como as máquinas são imprescindíveis em todas as operações onde se incluem. Para além disso, entende-se que é possível que, em determinados sistemas produtivos, os operadores possam ser considerados mais importantes que as máquinas ou vice-versa. Por isso, a equação 1, utilizada para o cálculo do número de processamentos diários por posto de trabalho, foi adaptada, adicionando-se as variáveis “número de operadores”, “fator de importância 1” e “fator de importância 2” (FI1 e FI2), como está demonstrado na equação 3:

$$= \frac{\text{Número de processamentos por dia}}{(FI1 \times n^{\circ} \text{máquinas} + FI2 \times n^{\circ} \text{operadores} \times n^{\circ} \text{horas trabalho} \times 60 \times 60 \times \% \text{sucesso}} \\ \text{tempo de processamento em segundos}$$

Equação 3: Fórmula adaptada para o cálculo do número de processamentos diários

Neste estudo, considera-se que o número de máquinas e o número de operadores têm o mesmo peso na equação, isto é, apresentam fatores de importância iguais a 1. Se, por outro lado, pretendêssemos dar o dobro

da importância às pessoas, por exemplo, poder-se-ia atribuir um fator de importância igual a 2 a esta variável e igual a 1 às máquinas. Matematicamente, dever-se-ia multiplicar o fator de importância pelas variáveis em questão: o número de operadores e o número de máquinas.

O valor obtido da equação deve ser arredondado para baixo até zero casas decimais. Por exemplo, se o resultado for "9,1", o valor a considerar é igual a "9"; se o resultado for "9,5", o valor a considerar será o mesmo (9).

Na tabela 10, estão resumidas as informações necessárias ao cálculo do ponto de estrangulamento do sistema produtivo, tendo em conta que todos os tipos de produtos são produzidos. É de notar que o número de recursos se refere à soma de operadores com máquinas e que a percentagem de sucesso se refere à eficiência média diária do sistema produtivo.

A recolha de tempos foi efetuada tendo em conta cada um dos tipos de produtos em linha de produção de forma individual. Para se calcularem os tempos de processamento de forma conjunta, tendo em conta todos os tipos produtos em linha, é necessário calcular o tempo médio das médias obtidas da recolha manual. Deve-se, então, recorrer aos tempos das tabelas 5, 6, 7 e 8 e multiplicá-los pelas percentagens de utilização da tabela 9 (razão entre a percentagem de peças produzidas por dia e a soma das percentagens de peças produzidas por dia dos tipos de produtos que passam pelo posto de trabalho em questão).

O posto de trabalho com o menor número de processamentos por dia determina o ponto de estrangulamento (sombreado).

Posto de trabalho	Nº Recursos	% Sucesso	Tempo processamento (s)	Processamentos /dia
1	1,33	98,13	28,88	1273
2	1,33	98,13	10,52	3497
3	3	98,13	36,69	2261
4	1	98,13	19,25	1436
5	4	98,13	99,95	1106
6	2	98,13	30,41	1819
7	2	98,13	19,22	2878
8	1,33	98,13	43,1	853
9	3	98,13	58,19	1426

Tabela 10: Informação necessária ao cálculo do número de processamentos diários do sistema produtivo

O posto de trabalho 8 apresenta uma capacidade de 853 processamentos por dia, sendo por isso, o valor mais baixo do sistema produtivo, o que implica que seja este o ponto de estrangulamento do sistema. Resulta deste facto a necessidade de melhorar o processo para assim aumentar o número mínimo de processamentos por dia. É de notar que o posto de trabalho 8 é utilizado apenas para os produtos do tipo 1A, pelo que qualquer melhoria aplicada será apenas refletida na produção deste tipo de produtos.

O posto de trabalho 5 apresenta uma capacidade de 1106 processamentos por dia, o segundo valor mais baixo do sistema produtivo. Como neste posto de trabalho passam todos os tipos de produtos, qualquer melhoria aplicada no processo do posto de trabalho 5 será refletida na produção geral deste sistema. Desta forma, pode-se denominar o posto de trabalho 5 como o verdadeiro ponto de estrangulamento deste sistema produtivo.

O posto de trabalho 2 apresenta uma capacidade de 3497 processamentos por dia, sendo o valor mais elevado do sistema produtivo, que se traduz na sua capacidade máxima teórica.

3.6.1. Por tipo de produto

Como existem diferentes quantidades de postos de trabalho por tipo de produto, calculou-se também os pontos de estrangulamento para cada um dos tipos de produto.

As tabelas 11, 12, 13 e 14 apresentam os dados utilizados para calcular os pontos de estrangulamento (sombreado) dos tipos de produto 1A, 2B, 3C e 4D, respetivamente.

Posto de trabalho	Nº Recursos	% Sucesso	Tempo processamento (s)	Processamentos /dia
1	1,5	99,26	28,88	1453
3	3	99,26	46,01	1824
5	4	99,26	100	1119
7	2	99,26	30,47	1836
8	1,5	99,26	43,1	973
9	3	99,26	66,65	1259

Tabela 11: Informação necessária ao cálculo do número de processamentos diários dos produtos do tipo 1A

O ponto de estrangulamento dos produtos do tipo 1A é o posto de trabalho 8, que tem capacidade em média para produzir 973 peças por dia. Em consequência, o processo deste posto de trabalho deve ser melhorado para assim melhorar o número mínimo de processamentos por dia de peças do tipo 1A.

Posto de trabalho	Nº Recursos	% Sucesso	Tempo processamento (s)	Processamentos /dia
2	2	98,04	10,52	5253
3	3	98,04	30,90	2683
5	4	98,04	101,38	1090
6	2	98,04	21,69	2548
9	3	98,04	49,67	1669

Tabela 12: Informação necessária ao cálculo do número de processamentos diários dos produtos do tipo 2B

O ponto de estrangulamento dos produtos do tipo 2B é o posto de trabalho 5, que tem capacidade em média para produzir 1090 peças por dia. Em resultado deste facto, deve analisar-se o processo deste posto de trabalho, para que possa ser melhorado, aumentando o número mínimo de processamentos por dia de peças do tipo 2B.

Posto de trabalho	Nº Recursos	% Sucesso	Tempo processamento (s)	Processamentos /dia
4	1	98,04	13,34	2071
5	4	98,04	94,11	1174
7	2	98,04	8,44	6548
9	3	98,04	43,47	1907

Tabela 13: Informação necessária ao cálculo do número de processamentos diários dos produtos do tipo 3C

O ponto de estrangulamento dos produtos do tipo 3C é o posto de trabalho 5, que tem capacidade em média para produzir 1174 peças por dia. Disto resulta uma necessidade de melhoria no processo para que assim

seja aumentado o número mínimo de processamentos por dia deste tipo de produto.

Posto de trabalho	Nº Recursos	% Sucesso	Tempo processamento (s)	Processamentos /dia
4	1	90,16	73,61	345
5	4	90,16	132,92	764
6	2	90,16	154,14	329
9	3	90,16	239,8	317

Tabela 14: Informação necessária ao cálculo dos números de processamentos diários dos produtos do tipo 4D

O ponto de estrangulamento dos produtos do tipo 4D é o posto de trabalho 9, que tem capacidade em média para produzir 317 peças por dia. Nesse caso, é necessário melhorar o processo deste posto de trabalho e assim aumentar o número mínimo de processamentos por dia das peças do tipo 4D.

4. Resultados obtidos e ações propostas

Os dados recolhidos anteriormente possibilitaram o cálculo dos números de processamentos diários no caso de todas as peças serem produzidas ao mesmo tempo e na mesma linha produtiva, mas também de forma individual e não simultânea. Esta é a base para se analisarem possíveis melhorias a aplicar na linha de produção. É por essa razão que, neste capítulo, se identificaram os pontos de estrangulamento com o objetivo de, posteriormente, serem apresentadas soluções que façam com que os pontos estrangulamento evoluam. Quer isto dizer que se melhoram os piores postos de trabalho e que, por isso, o número de processamentos diários de cada um destes aumenta.

Da análise realizada no capítulo anterior, surgiram os pontos de estrangulamento representados na tabela 15:

Tipo de produto	Posto de trabalho	Nº Recursos	% Sucesso	Tempo processamento (s)	Processamentos /dia
Todos	8	1,33	98,13	43,1	853
Todos	5	4	98,13	100	1106
1A	8	1,5	99,26	43,1	973
2B	5	4	98,04	101,38	1090
3C	5	4	98,04	94,11	1174
4D	9	3	90,16	239,8	317

Tabela 15: Pontos de estrangulamento do sistema produtivo em estudo

Encontram-se, nesta tabela, os dados agrupados que foram apresentados no final do capítulo 3, para, assim, permitir uma melhor análise dos mesmos.

Em suma, o posto de trabalho 5 é o ponto de estrangulamento para os tipos de produto 2B, com 1090 processamentos por dia, e 3C, com 1174 processamentos por dia. Para além disso, o posto de trabalho 5 também é

considerado o ponto de estrangulamento para todos os tipos de produtos, visto ser um posto de trabalho utilizado nos quatro tipos de produto.

O posto de trabalho 8 é o ponto de estrangulamento para o tipo de produto 1A e é, também, considerado o ponto de estrangulamento para todos os tipos de produtos. O posto de trabalho 9 é o ponto de estrangulamento do tipo de produto 4D, com 317 processamentos por dia.

Até aqui foi feita uma análise direcionada para o tipo de produto. A partir de agora, inicialmente, dar-se-á foco aos postos de trabalho considerados como pontos de estrangulamento. Posteriormente, apresentar-se-ão outras possíveis melhorias não diretamente relacionadas com postos de trabalho nem pontos de estrangulamento específicos; são, assim, propostas gerais que podem ser aplicadas em todo este sistema produtivo e até noutros.

4.1. Posto de trabalho 5

Para a produção de peças dos tipos 2B e 3C, o posto de trabalho 5 (injeção) foi o ponto de estrangulamento identificado. Por observação, durante a recolha de dados, não se verificou qualquer oportunidade de melhoria evidente pois o processo já se encontrava bastante otimizado. O que mais fixava o tempo associado a este posto de trabalho era a própria máquina de injeção. O aumento da velocidade da mesma poderia ter efeitos negativos no processo de injeção das peças.

Em adição, uma possível reorganização do espaço também não se revelou exequível, dado que, aplicadas mudanças de *layout*, uma melhoria não era garantida. Numa análise custo/ benefício, uma reorganização do posto de trabalho seria considerada de risco, porque as mudanças iriam implicar modificações nos sistemas de circulação de químicos que estão presentes na estrutura da fábrica.

Se se aumentar o número de operadores para 4 no posto de trabalho 5, mantendo as restantes variáveis iguais, o número de processamentos por dia para as peças do tipo 2B passa a ser 1362 (em vez de 1090 processamentos por dia, como mostra a tabela 12) e para as peças do tipo 3C passa a ser 1468 (em vez de 1174 processamentos por dia, como mostra a tabela 13).

As tabelas 16 e 17 mostram os dados das peças do tipo 2B e 3C, respetivamente, tendo em conta o aumento do número de operadores no posto de trabalho 5. A sombreado estão assinalados os pontos de estrangulamento.

Posto de trabalho	Nº Recursos	% Sucesso	Tempo processamento (s)	Processamentos /dia
2	2	98,04	10,52	5253
3	3	98,04	30,90	2683
5	5	98,04	101,38	1362
6	2	98,04	21,69	2548
9	3	98,04	49,67	1669

Tabela 16: Ponto de estrangulamento resultante do aumento do número de operadores do posto de trabalho 5, em produtos do tipo 2B

Posto de trabalho	Nº Recursos	% Sucesso	Tempo processamento (s)	Processamentos /dia
4	1	98,04	13,34	2071
5	5	98,04	94,11	1468
7	2	98,04	8,44	6548
9	3	98,04	43,47	1907

Tabela 17: Ponto de estrangulamento resultante do aumento do número de operadores do posto de trabalho 5, em produtos do tipo 3C

O posto de trabalho 5 (injeção) continua a ser o que tem o menor número de processamentos por dia, pelo que se mantém o ponto de estrangulamento para os produtos dos tipos 2B e 3C.

No entanto, esperam-se valores mais elevados, para o número de processamentos diários, assim que se voltarem a recolher dados do tempo de processamento do posto de trabalho 5, uma vez que com mais um operador se espera que o tempo de processamento diminua. Nessa altura, deverão ser recalculados os números de processamentos por dia e, conseqüentemente, determinados os reais novos pontos de estrangulamento para os tipos de produto 2B e 3C.

É de notar que aumentando o número de operadores para 4 no posto de trabalho 5, não são apenas as peças dos tipos 2B e 3C que ficam afetadas. Esta alteração também afeta a produção das peças do tipo 1A e 4D. Considerando esta modificação, o número de processamentos por dia, neste posto de trabalho, para as peças do tipo 1A passa a ser 1398 processamentos por dia (em vez de 1119, como mostra a tabela 11) e 955 processamentos por dia (em vez de 764, como mostra a tabela 14) para as peças do tipo 4D. No entanto, os pontos de estrangulamento para as peças do tipo 1A e 4D continuam a ser os mesmos, os postos de trabalho 8 e 9, respetivamente.

4.2. Posto de trabalho 8

Para a produção de peças do tipo 1A, assim como na produção de todos os tipos de peças, o ponto de estrangulamento determinado foi o posto de trabalho 8 (máquina de acabamento). Por observação, durante a recolha de dados, verificou-se uma oportunidade de melhoria no processo deste posto de trabalho. A figura 9 representa a situação atual, que mostra que o operador (círculo preto) deste posto de trabalho monta

dois componentes manualmente na esquina da mesa, para colocar na máquina 3 juntamente com os produtos semiacabados que estão pousados na mesa. Para além de não ser uma tarefa ergonómica, torna-se moroso, visto não haver uma base sólida para fazer a montagem.

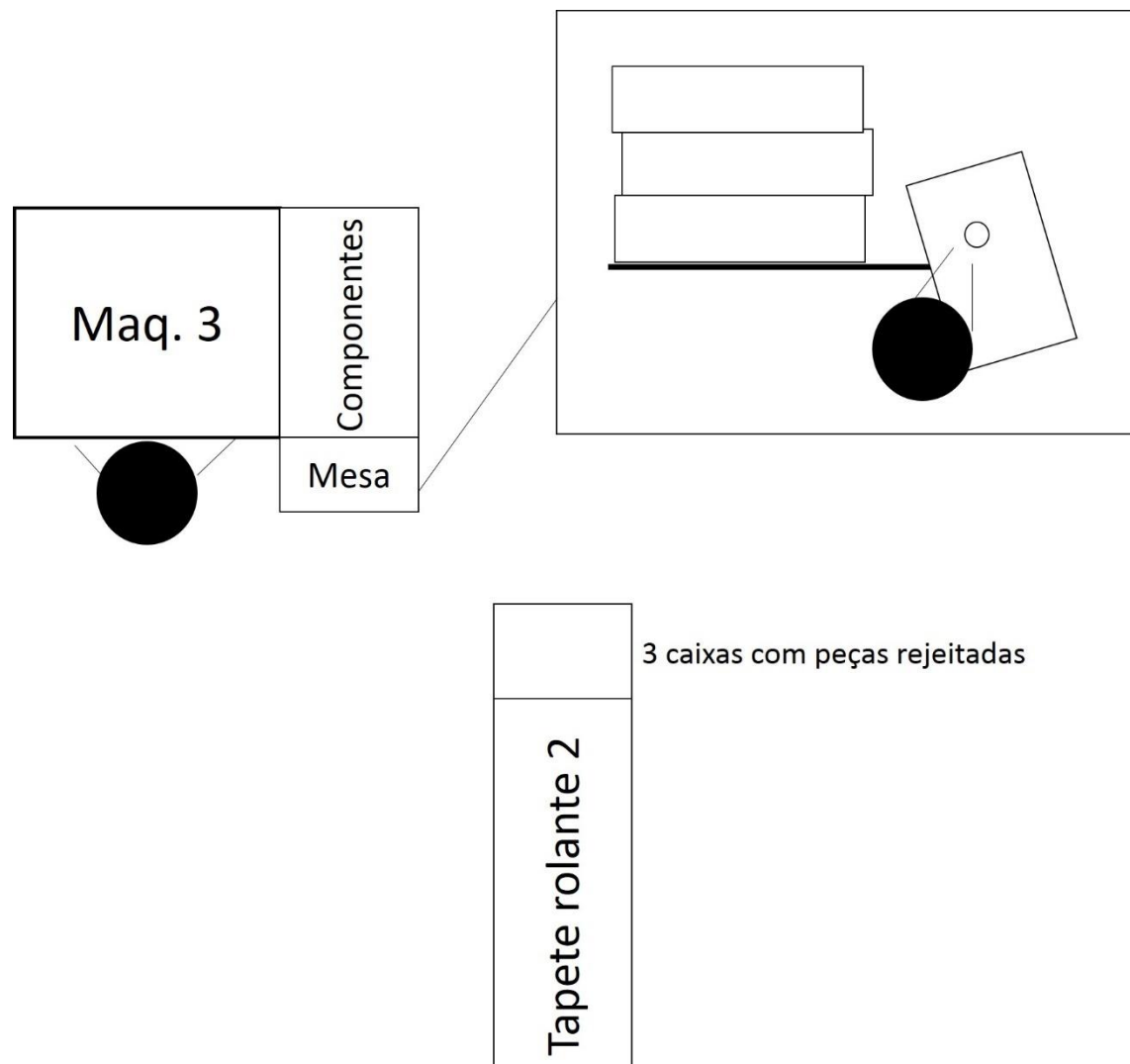


Figura 9: Situação atual do posto de trabalho 8

Depois de uma reorganização no posto de trabalho 8, é possível tornar as tarefas mais rápidas e mais ergonómicas. A figura 10 mostra a situação proposta, onde as três caixas com peças rejeitadas que estavam junto à extremidade do tapete rolante 2 (representado na figura 9) ficam colocadas debaixo do tapete rolante 2, local que não estava a ser aproveitado anteriormente. Para além disso, surge a mesa 2 no local onde

se encontravam as peças rejeitadas. Desta forma, o operador monta os componentes manualmente na mesa 1 e coloca-os na máquina 3 juntamente com os produtos semiacabados que estão pousados na mesa 2.

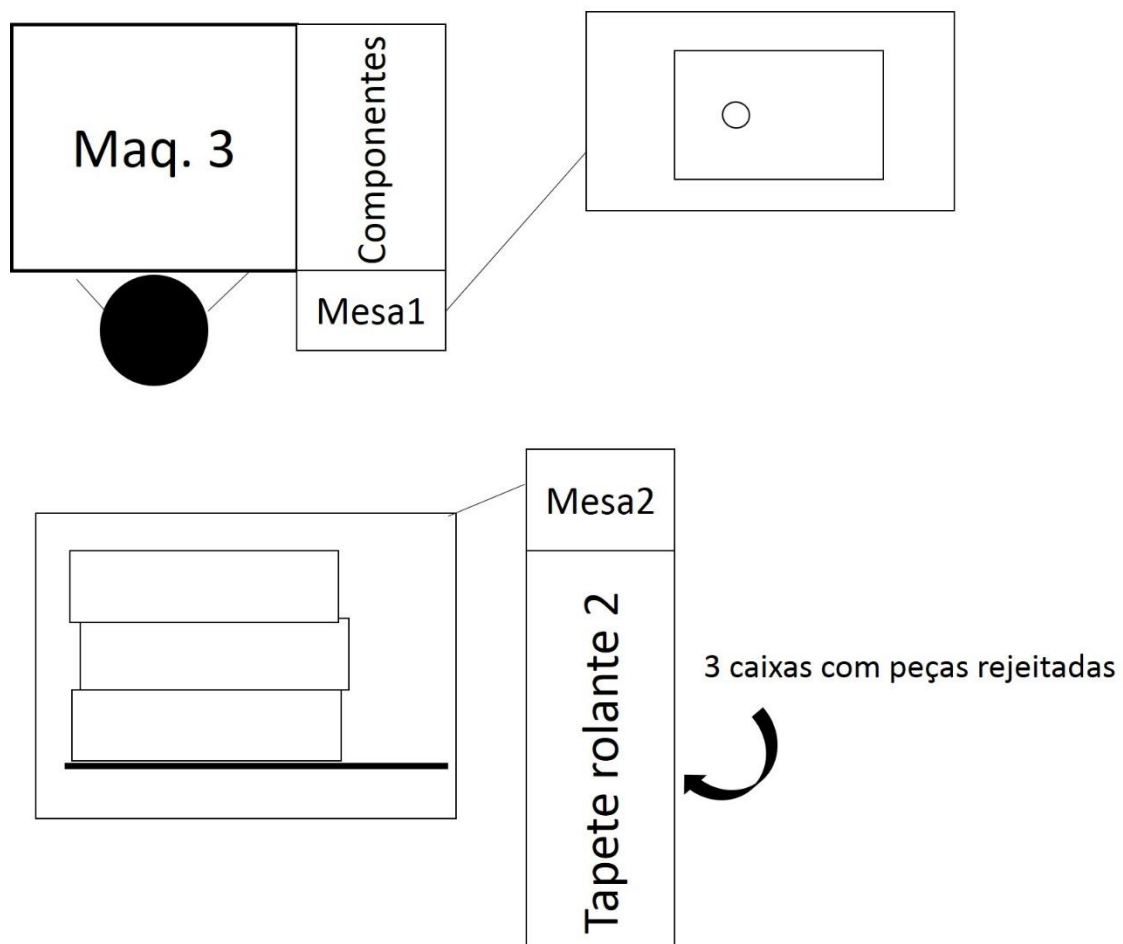


Figura 10: Situação proposta para o posto de trabalho 8

A solução proposta deverá melhorar a performance deste posto de trabalho assim como tornar as tarefas mais ergonómicas para o operador. Espera-se que o tempo de processamento diminua e que o número de processamentos por dia aumente. Desta forma, será necessário recolher o tempo de processamento deste posto de trabalho, depois da sugestão de melhoria estar aplicada, para assim se determinar o novo ponto de estrangulamento de produtos do tipo 1A.

4.3. Posto de trabalho 9

Para a produção de peças do tipo 4D, o posto de trabalho 9 (controle final e embalagem) é o ponto de estrangulamento. Por observação, durante a recolha de dados, foi possível constatar que a tarefa da embalagem é mais demorada do que a tarefa do controle final. Para além disso, na produção de peças do tipo 1A, 2B e 3C, a embalagem consiste em colocar os produtos acabados dentro de um saco, se necessário, e de seguida dentro de uma caixa. Na produção de peças do tipo 4D é necessário colocar uma folha plástica na base da caixa, assim como as quatro peças de cada caixa têm de estar separadas/ protegidas por uma folha plástica em cima e em baixo, o que torna a tarefa mais demorada.

Uma possível proposta de melhoria para o tempo de processamento da embalagem é a utilização de sacos, com o tamanho das peças do tipo 4D, feitos com as folhas plásticas protetoras. Dessa forma, a tarefa da embalagem passaria por colocar as peças dentro dos sacos e de seguida dentro da caixa destinada a estas peças. Para isso, é necessário que o fornecedor das folhas plásticas passe a fornecer sacos com esse material ou então encontrar um novo fornecedor que o faça a um custo competitivo.

Outra possível proposta de melhoria para o tempo de processamento da embalagem é, assim que as quantidades produzidas assim justificarem, aumentar o número de operadores deste posto de trabalho para 4, sendo que um deles fica responsável pela embalagem das peças do tipo 4D.

A tabela 18 mostra os dados das peças do tipo 4D, tendo em conta o aumento do número de operadores no posto de trabalho 9. A sombreado está assinalado o ponto de estrangulamento.

Posto de trabalho	Nº Recursos	% Sucesso	Tempo processamento (s)	Processamentos /dia
4	1	90,16	73,61	345
5	4	90,16	132,92	764
6	2	90,16	154,14	329
9	4	90,16	239,8	423

Tabela 18: Ponto de estrangulamento resultante do aumento do número de operadores do posto de trabalho 9, em produtos do tipo 4D

Considerando que o número de operadores do posto de trabalho 9 passa a ser 4, o número de processamentos por dia passa a ser 423, em vez de 317, como mostra a tabela 14. Espera-se que o tempo de processamento deste posto de trabalho diminua, resultando num aumento do número de processamentos por dia, assim que se implemente esta alteração e se recolha novamente o tempo de processamento deste posto de trabalho. Desta forma, assim que estes valores se comprovarem com esta alteração, o ponto de estrangulamento para as peças do tipo 4D passará a ser o posto de trabalho 6, com 329 processamentos por dia.

É de notar que esta alteração para 4 operadores também influencia os produtos dos tipos 1A, 2B e 3C, visto que estes tipos de produtos também passam no posto de trabalho 9. Dito isto, com a alteração do número de operadores para 4, esperam-se no mínimo 1679 processamentos por dia para peças do tipo 1A (em vez de 1259, como mostra a tabela 11), 2225 processamentos por dia para as peças do tipo 2B (em vez de 1669, como mostra a tabela 12) e 2542 processamentos por dia para as peças do tipo 3C (em vez de 1907, como mostra a tabela 13). No entanto, os pontos de estrangulamento mantêm-se os mesmos para os produtos dos tipos 1A, 2B e 3C, os postos de trabalho 8, 5 e 5, respetivamente.

4.4. Acompanhamento diário de projetos

Como primeira proposta geral, será uma boa prática fazer o acompanhamento diário para cada projeto, registrando o número de peças produzidas assim como o número de peças rejeitadas. Calculando as percentagens associadas, é possível ter uma noção inequívoca dos projetos mais críticos e dos projetos com mais sucesso. Desta forma, as ações de melhoria estarão automaticamente mais direcionadas para os projetos que mais precisam, enquanto não se deixa de ter atenção à evolução dos projetos que têm tido mais sucesso. É possível criar um gráfico modelo fazendo o seguimento diário de um projeto durante todo o seu ciclo de vida. Este gráfico será útil para servir de base de comparação com projetos novos.

A figura 11 mostra um *Excel* tipo que pode ser utilizado para acompanhar a evolução dos projetos ao longo do seu tempo de vida. Preenchendo diariamente, de forma rotineira, as colunas do dia, do número de peças produzidas por projeto, assim como de peças rejeitadas, os totais de peças produzidas e peças rejeitadas e as respectivas percentagens podem ser obtidos automaticamente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Peças produzidas								Peças rejeitadas							
2	Dia	ABC	%	DEF	%	GHI	%	Total	ABC	%	DEF	%	GHI	%	Total	
3																
4	Média															

Figura 11: Exemplo de *Excel* tipo para o acompanhamento da evolução de projetos

4.5. Programa *Pestra*

O programa *Pestra* (Ponto de ESTRAngulamento), desenhado pela autora deste trabalho e realizado em *Visual Basic* do *Excel*, permite o cálculo rápido do ponto de estrangulamento de cada projeto ou tipo de produto. Para além disso, permite simular alterações:

- no número de operadores,

- no número de máquinas,
- nas horas de trabalho por dia,
- na percentagem de sucesso,
- no tempo de processamento,

para assim determinar novas quantidades de processamentos por dia por posto de trabalho e, conseqüentemente, identificar o ponto de estrangulamento obtido com as alterações aplicadas. Poderia ser uma boa prática fazer este cálculo uma vez por mês para se analisar a evolução do ponto de estrangulamento.

O programa *Pestra* é um ficheiro *Excel*, constituído por duas folhas de cálculo: estrangulamento e relatório. Na folha de cálculo estrangulamento, deve ser introduzida primeiramente a seguinte informação: projeto e número de postos de trabalho associados.

A figura 12 mostra o *template* de abertura do programa, com os campos de preenchimento à esquerda referidos anteriormente.

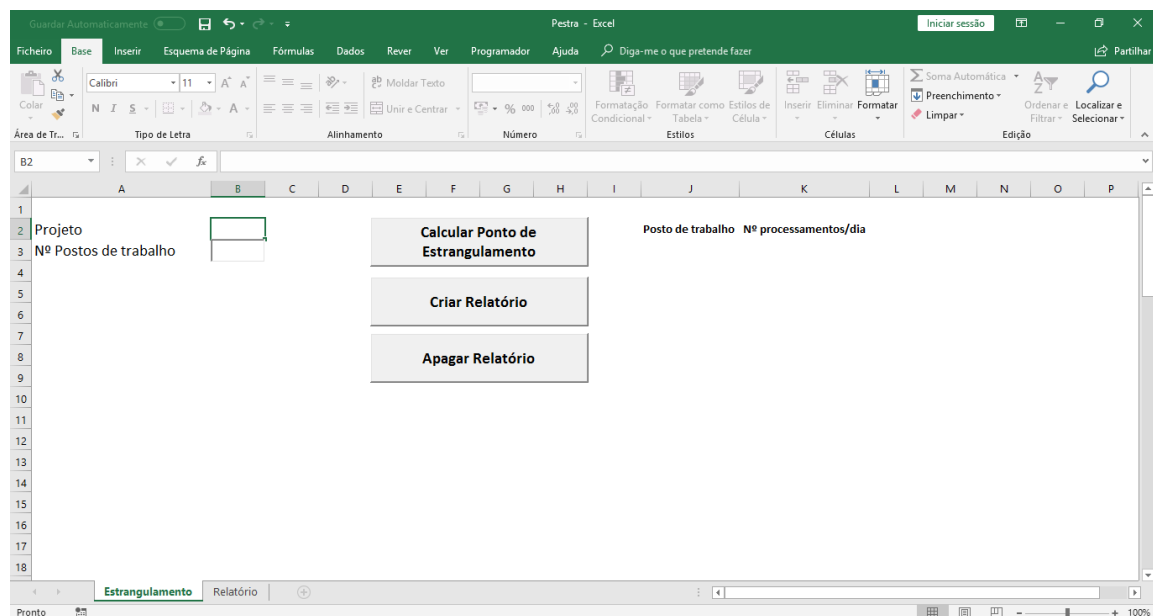


Figura 12: *Template* de abertura do programa *Pestra*

Depois de preenchida esta informação, automaticamente aparecem no programa os campos de preenchimento obrigatório para o

cálculo do número de processamentos por dia de cada posto de trabalho, determinando o menor número o ponto de estrangulamento. Para se calcular o número de processamentos por dia é necessário preencher, por posto de trabalho, os seguintes dados:

- número de operadores,
- número de máquinas,
- número de horas de trabalho por dia,
- percentagem de sucesso,
- tempo de processamento em segundos.

Serão calculados tantos números de processamentos por dia quantos os postos de trabalho existentes no projeto inserido.

A figura 13 mostra um exemplo com os dados obrigatórios preenchidos.

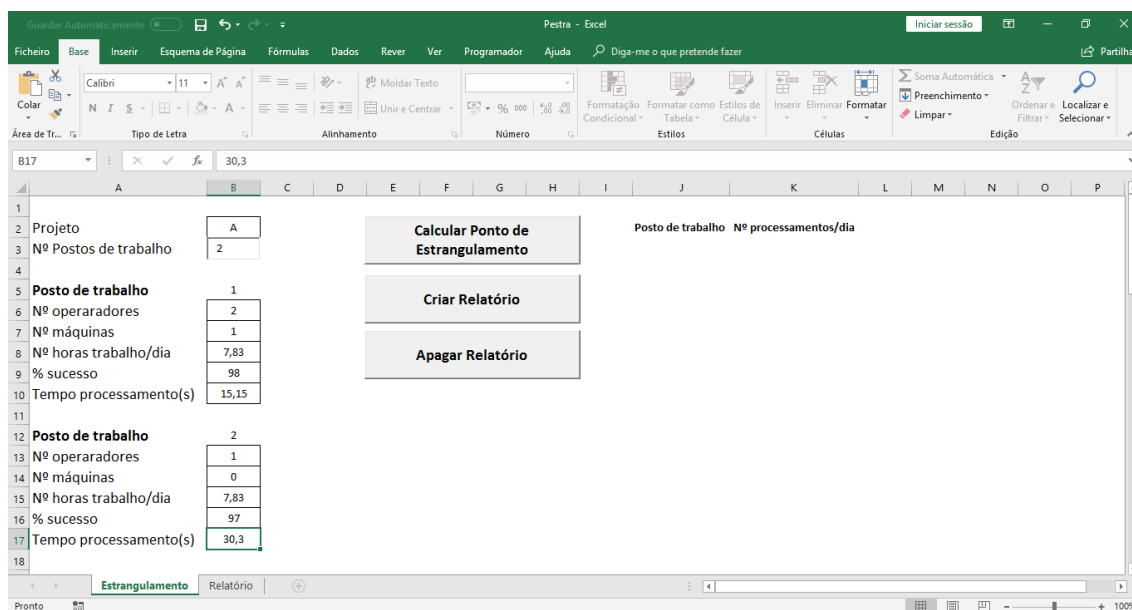


Figura 13: Exemplo, com os dados obrigatórios preenchidos, no programa *Pestra*

De seguida, deve clicar-se no botão “*Calcular Ponto de Estrangulamento*”, para, à direita, aparecerem os resultados dos números de processamentos por dia calculados, ficando assinalado a laranja o ponto de estrangulamento, como pode ser observado na figura 14.

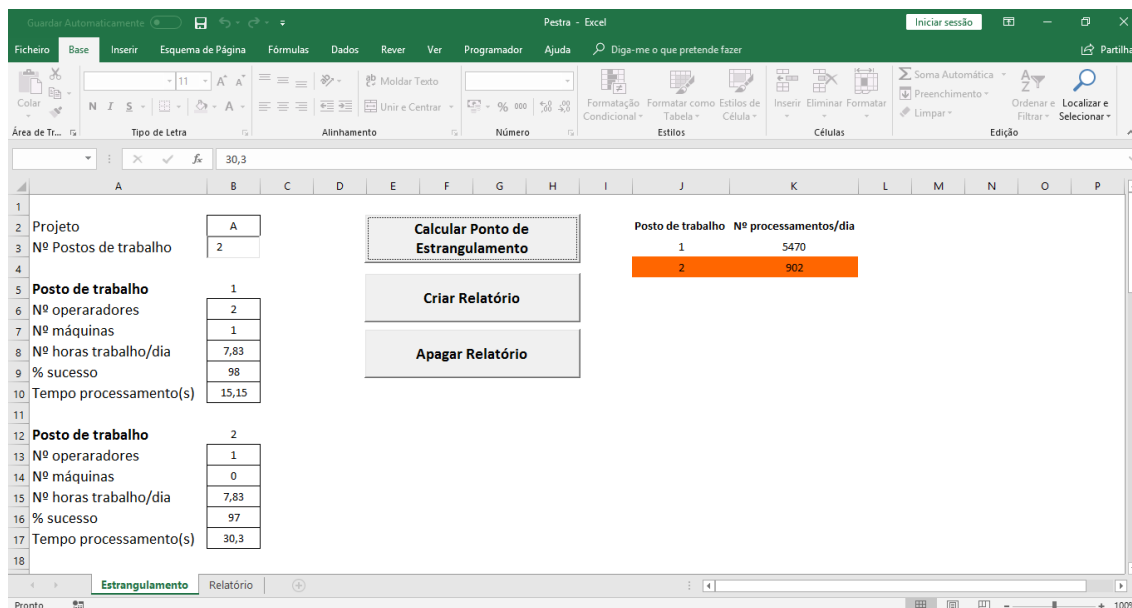


Figura 14: Ponto de estrangulamento obtido do programa *Pestra*

O programa *Pestra* permite ainda criar um relatório com os resultados obtidos, utilizando o botão “*Criar Relatório*”, assim como apagá-los, utilizando o botão “*Apagar Relatório*”. Os relatórios podem ser observados na folha de cálculo Relatórios, onde a data da utilização do programa é adicionada automaticamente, como mostra a figura 15.

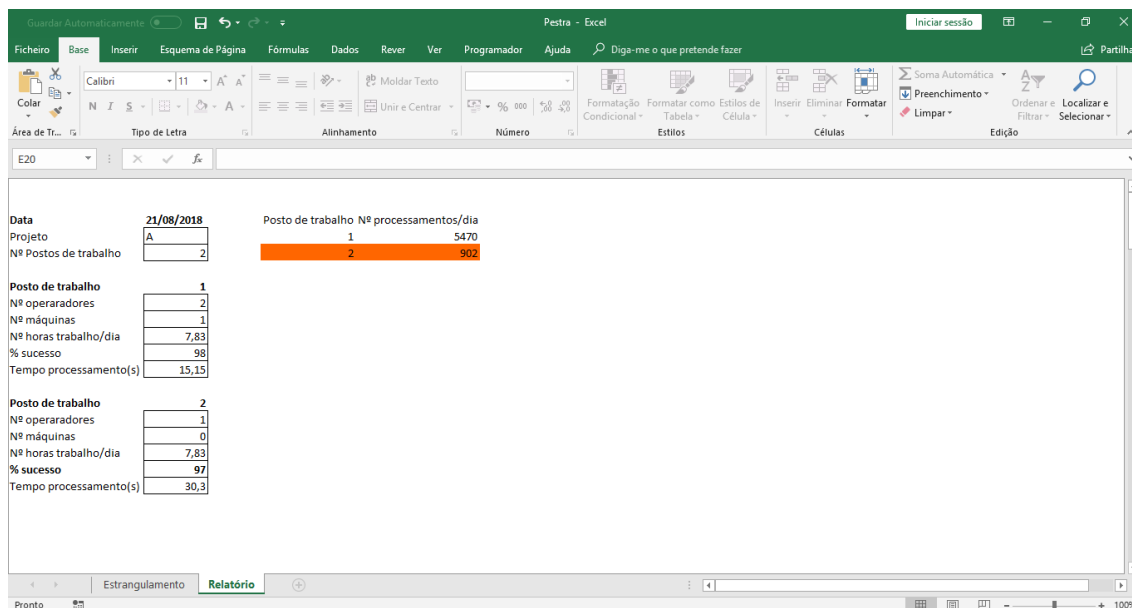


Figura 15: Relatório com o cálculo do ponto de estrangulamento no programa *Pestra*

4.6. Mudar o operador da função de suporte

Como o posto de trabalho de suporte tem uma grande influência na motivação de todos os operadores do sistema produtivo, é aconselhável uma alteração do operador desse posto de trabalho de quatro em quatro anos, para assim potenciar novos modelos de liderança e evitar algum possível comodismo consequente do tempo e da forma de trabalhar conhecida.

A liderança tem sido um tema cada vez mais abordado nas empresas, porque se tem percebido a importância e a influência do mesmo nos resultados de uma organização. Cada vez mais está associada aos vários níveis hierárquicos e não apenas à gestão de topo. Desta forma, cada operador de uma linha de produção pode encontrar-se numa situação onde tem de liderar outros colaboradores, como acontece no posto de trabalho 10. Por isso, devem-se incluir nas formações e *workshops* colaboradores de várias áreas e graus de conhecimento, visando desenvolver capacidades de liderança e outras *soft skills*. Em qualquer

posto de trabalho, para além do conhecimento técnico e operacional (*hard skills*), é também importante a gestão de comportamento perante os outros (*soft skills*).

5. Conclusão

A realização deste projeto permitiu identificar diversas propostas de melhoria a aplicar no sistema produtivo em estudo. Essas propostas focam-se principalmente na diminuição dos tempos de processamento, otimizando assim o sistema produtivo analisado. As soluções de melhoria apresentadas baseiam-se:

- no estudo dos pontos de estrangulamento,
- na reorganização de um posto de trabalho,
- na alteração no processo de embalagem,
- na utilização de um programa criado para o cálculo do número de processamentos diários,
- na consciencialização para a importância do acompanhamento diário dos projetos,
- na rotatividade no posto de trabalho de suporte.

Relativamente ao posto de trabalho 5 e ao posto de trabalho 9, em resultado do aumento do número de operadores, espera-se que os tempos de processamento diminuam em cada posto de trabalho e que os pontos de estrangulamento se adaptem ao novo cenário de produção, garantindo um número de processamentos diário superior.

Relativamente ao posto de trabalho 8, espera-se uma melhoria quanto à ergonomia e quanto ao tempo de processamento. O operador deste posto de trabalho deve sentir-se mais confortável a realizar as suas tarefas e conseguir concluí-las de forma mais rápida e eficiente.

Relativamente ao posto de trabalho 9, espera-se que o tempo de processamento seja reduzido substancialmente com a alteração da embalagem e que dessa forma não seja necessário um novo operador para este posto de trabalho.

Relativamente ao acompanhamento diário dos projetos, a ideia é incluir esta tarefa nas rotinas dos líderes de projetos, quer na fase de testes - na engenharia do produto, quer na fase de produção em série - na supervisão das linhas de produção. Espera-se que este acompanhamento direcione a atenção e os recursos naturalmente, de forma mais eficaz, para os projetos mais críticos.

Relativamente ao programa Pestra, o objetivo é utilizar esta forma mais rápida de calcular os pontos de estrangulamento em todas as linhas produtivas da empresa. Esta solução transversal à organização é uma vantagem comparativamente à utilização de outros *softwares*, dado o seu reduzido investimento (sem custos monetários a nível de implementação).

Relativamente à mudança do operador do posto de trabalho 10 (suporte), a alteração de quatro em quatro anos deverá levar a uma melhoria geral do sistema produtivo, ao aumento dos níveis de satisfação dos operadores, assim como potenciar as capacidades do operador de suporte.

5.1. Desenvolvimento futuro

Para o desenvolvimento futuro deste projeto deveriam ser postas em prática as soluções apresentadas anteriormente, como o intuito de se analisar posteriormente que vantagens concretas se obtiveram dessas alterações.

Seria interessante recolher os tempos de processamento novamente, após a implementação das melhorias, e recalcular o número de processamentos diários. Desta forma, seria possível identificar os novos pontos de estrangulamento a melhorar.

Para além da análise do número de processamentos diários, poderia ser uma boa prática analisar a procura por tipo de produto, tendo em conta o

tempo de ciclo de vida esperado, para assim decidir sobre o possível investimento numa linha de produção para determinado tipo de produto. Isto porque, segundo foi apurado anteriormente, as quantidades produzidas no sistema produtivo tendo todos os tipos de produtos em linha ficam aquém das quantidades produzidas, tendo apenas um tipo de produto na linha de produção.

Seria também relevante perceber a opinião dos operadores mais diretamente afetados pelas alterações sugeridas. Esta recolha de opiniões poderia ser realizada através de inquéritos anónimos, onde os operadores pudessem livremente expressar os seus níveis de satisfação e motivação no trabalho. Para comprovar determinadas melhorias, seria oportuno analisar o absentéismo e a pontualidade no trabalho, tendo como base o número de faltas e de atrasos dos operadores.

Para além disso, seria necessário negociar com o fornecedor da embalagem existente, ou novos fornecedores, a possibilidade de se utilizarem sacos de plástico em vez de folhas de plástico.

Anexos

As figuras 16, 17, 18 e 19 representam os fluxos produtivos das peças dos tipos 1A, 2B, 3C e 4D, respetivamente. Estes são os mesmos fluxos produtivos representados na figura 8, mas encontram-se nos anexos para permitir uma visualização individual mais clara.

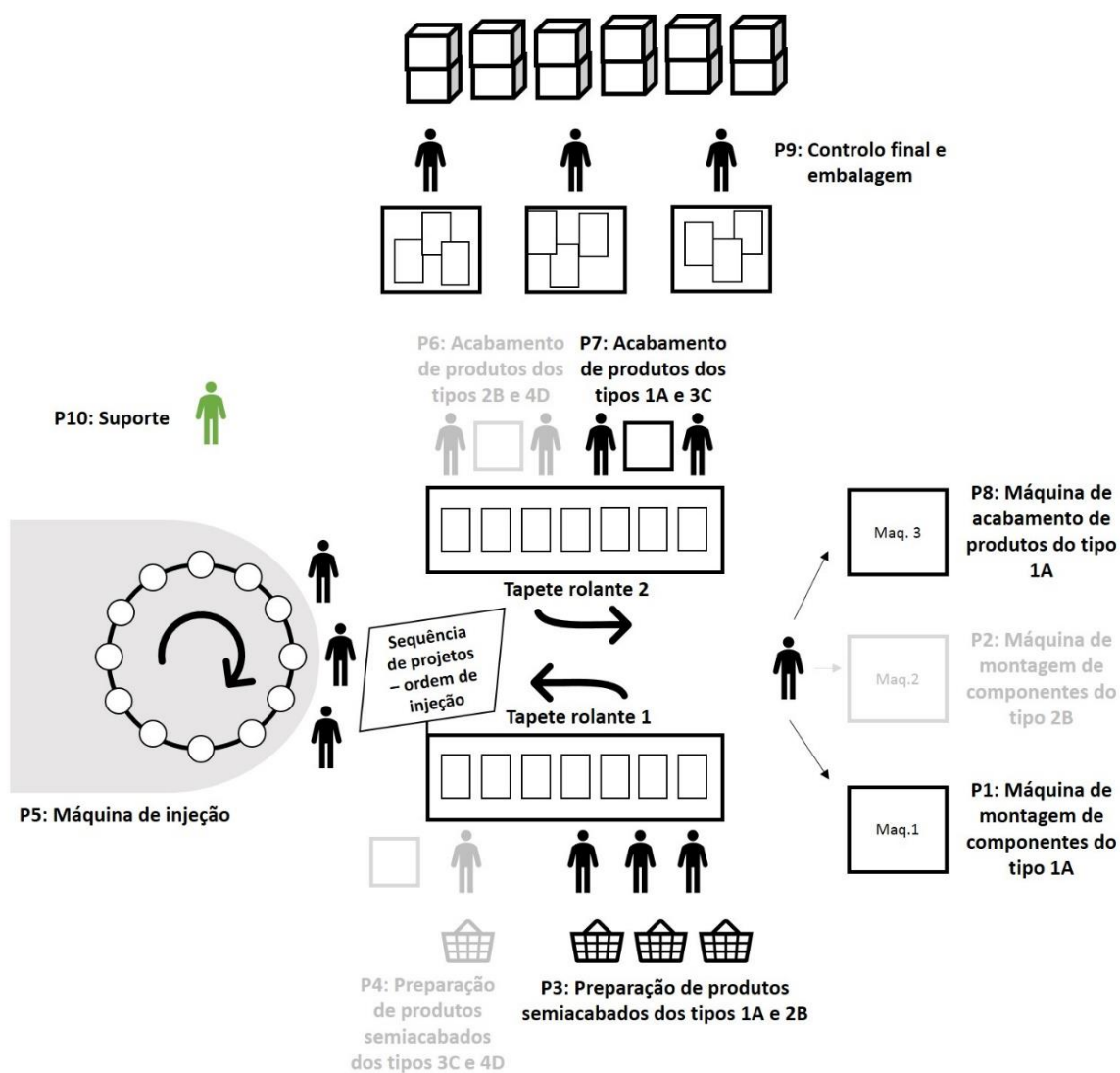


Figura 16: Fluxo produtivo das peças do tipo 1A

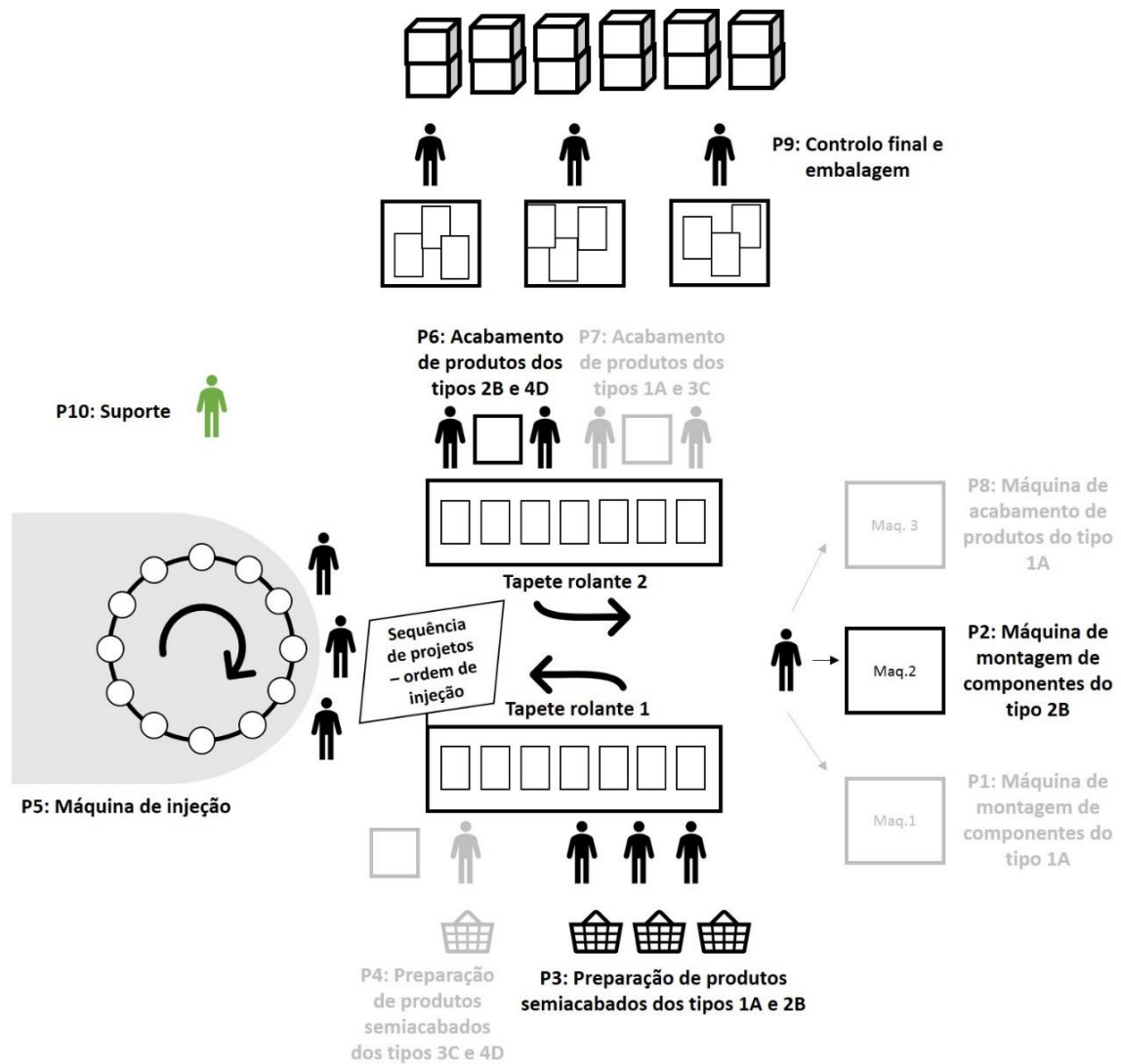


Figura 17: Fluxo produtivo das peças do tipo 2B

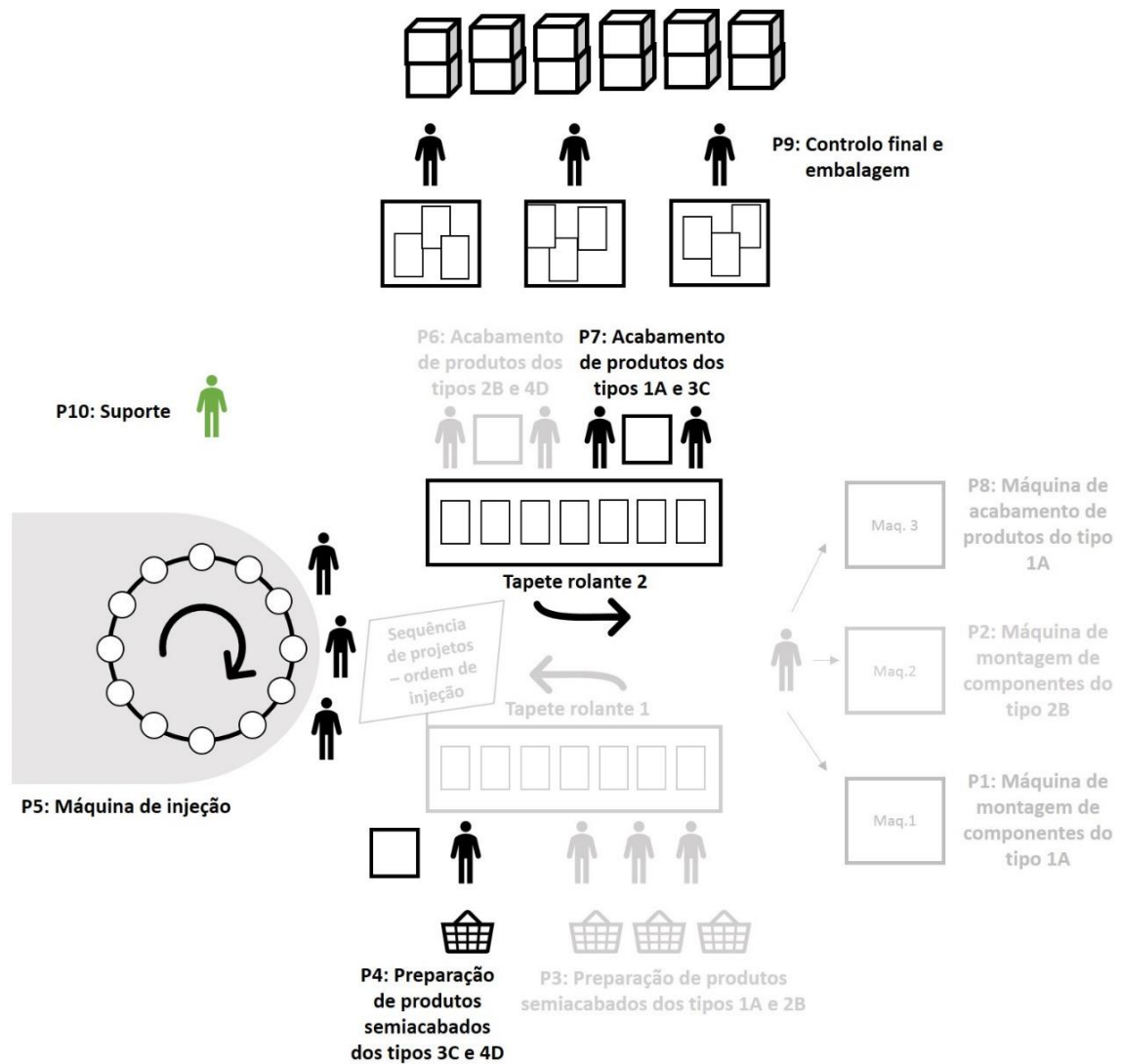


Figura 18: Fluxo produtivo das peças do tipo 3C

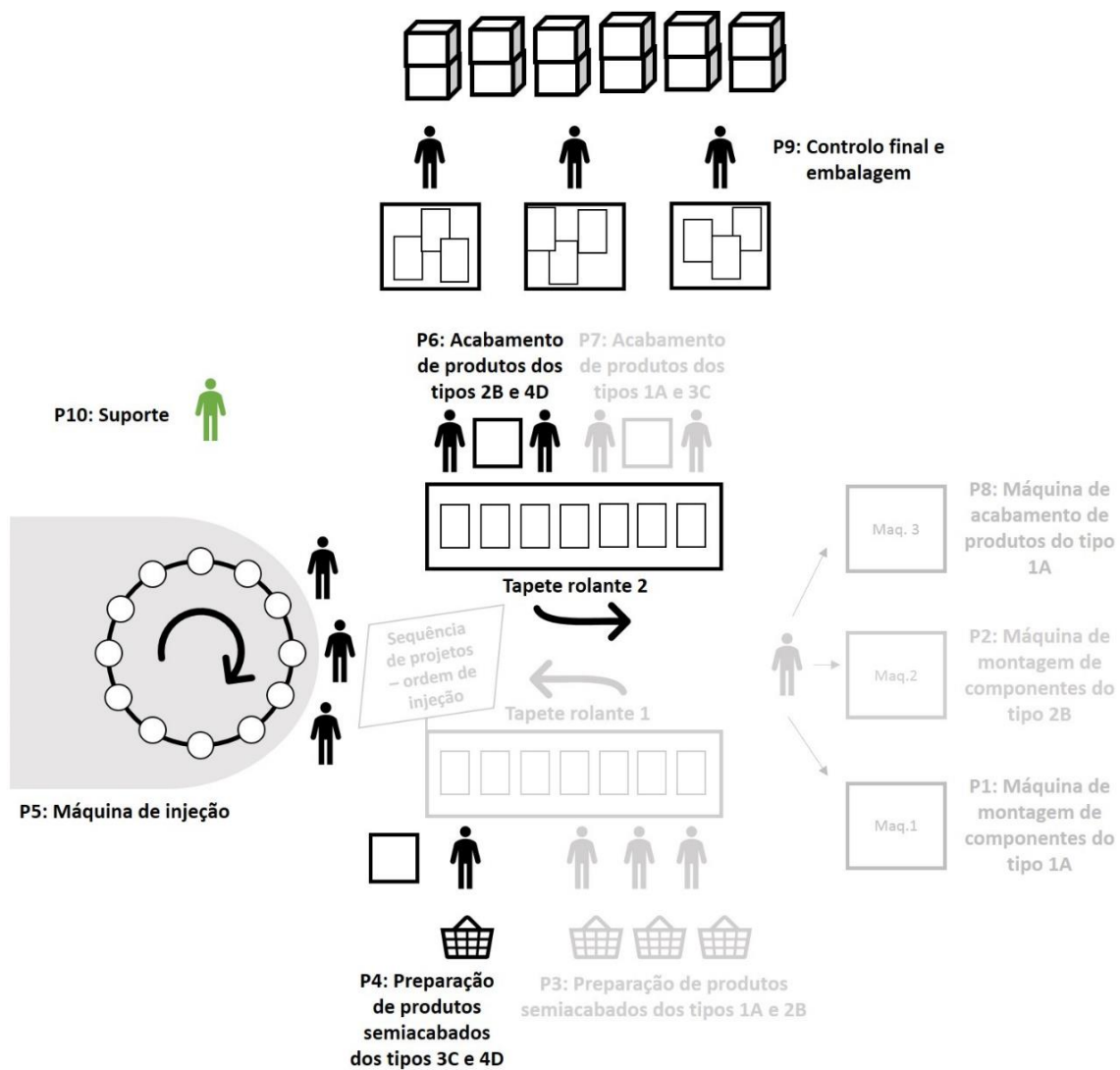


Figura 19: Fluxo produtivo das peças do tipo 4D

Referências bibliográficas

Bayraktar, E., Jothishankar, M. C., Tatoglu, E. e Wu, T. (2007). "Evolution of operations management: past, presente and future". *Management Research News*.

Birnbaum, D. (2005). Microsoft Excel VBA Programming for the Absolute Beginner. *Thomson Course Technology PTR*.

Chase, R. B., e Aquilano, N. J. (1992). Production & Operations Management: A Life Cycle Approach. *Monitor*.

Cochran, W. G. (1963). Sampling Techniques. *New York: John Wiley and Sons, Inc.*

Goldratt, E. M., e Cox, J. (2004). The Goal: A Process of Ongoing Improvement. *North River Press*.

Kiong, L. V. (2009). Excel VBA Made Easy. *Liew Voon Kiong*.

Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. e Malhotra, M. K. (2007). Operations Management: Process and Value Chains. *Prentice Hall*.

Kumar, S. A. e Suresh, N. (2009). Operations Management. *New Age Internacional*.

Pinto, J. P. (2006). Gestão de operações na indústria e nos serviços. *Lidel*.

Roldão, V. S. e Ribeiro, J. S. (2014). Gestão das Operações – Uma Abordagem Integrada. *Monitor*.

Shams-Ur Rahman. (1998) "Theory of Constraints: A Review of the philosophy and its applications". *International Journal of Operations & Production Management*.

Referências Digitais

Anônimo. Manufacturing Operations Management Software. Recuperado de <https://www.sap.com/products/manufacturing-intelligence-integration.html>